

# 農 村 道 路

No.30



2021年1月19日

(公社)農業農村工学会農村道路研究部会

# 農村道路

**No.30**

2021年1月19日

(公社)農業農村工学会農村道路研究部会

## はじめに

令和2年は、一年を通じて新型コロナウイルスに悩まされた年となりました。不自由な生活を強いられた一方で、急速な勢いでデジタル化の波が訪れ、人々の意識や暮らしに大きな変革をもたらしました。情報インフラを最大限に利用した新たな活用法が提案され、「リモート」や「オンライン」などの言葉が身近になりました。凶らずも世の中は、次世代通信システム「5G」への移行期にあたり、さらに高度情報化社会になることは疑う余地もありません。

産業界でも労働人口の減少により新たな情報技術を作業の効率化や高度化、後継への技術伝承のために積極的に活用し始めています。建設業界に目を向ければ、三次元モデルを活用した CIM や調査・設計から維持管理までを一元的に管理する i-Construction の取り組みは、さらに普及していくものと考えられ、ビッグデータを適切に処理するための AI 技術や UAV（ドローン）に代表される調査方法も急速に進化していくと予想されます。

令和2年度の農村道路研究集会では「農道施設の点検について」を特定テーマとして、農村地域の基幹施設である農村道路に関する議論をするための研修会を企画しました。近年の社会インフラの老朽化に対する取り組みを中心に、新たな情報技術なども含め「調査」、「設計」、「施工」、「維持管理」、「補修技術」などをキーワードに研究集会を行います。

今回は初のオンライン形式となり手探りの開催ですが、参加の皆様の技術研鑽の場として有意義なものになることを祈念しております。

最後になりましたが、本研究集会の開催にあたり、多大なるご協力を頂きました関係各位に対して心より御礼を申し上げます。

令和3年1月

(公社) 農業農村工学会 農村道路研究部会長  
川端 伸一郎 (北海道科学大学)

## 第 30 回 農業農村工学会 農村道路研究部会 研究集会

1. 主 催 (公社) 農業農村工学会 農村道路研究部会
2. テ ー マ 農道施設の点検について
3. 日 時 令和3年1月19日(火) 13:00~16:00 (Zoom 開場 12:30)
4. 会 場 オンライン形式 (Zoom) ミーティング ID: 853 1996 8040, パスコード: 785913
5. プログラム

### 開会の挨拶

13:00~13:05 川端 伸一郎 (農村道路研究部会長・北海道科学大学)

### 【招待論文】

13:10~13:40 橋梁, トンネル等の農道施設の点検に係る現状と今後の方向性について

農林水産省農村振興局 上野 豊

### 【研究論文】

13:40~14:00 機械学習を用いた道路橋床版における劣化状況の非破壊検出

北里大学獣医学部 島本 由麻

14:00~14:20 49kN 換算係数のコンクリート舗装設計への適応に関する検討

東京農業大学 松本 第佑

14:20~14:40 休 憩

### 【技術報文】

14:40~15:00 ほ場内農道の路面破損に応じた適切な維持管理について

鹿島道路株式会社 尾崎 風香

15:00~15:20 北海道の農道における防雪柵整備について

北海道農政部農村振興局 中橋 正彦

15 : 20～15 : 40 千葉県における農道整備事業について

- J R東日本線路下の横断工事の事例 -

千葉県安房農業事務所 渡辺 聖樹

15 : 40～16 : 00 路上路盤再生工法（CAE 工法）の寒冷地への適用に関する検討

- 室内および試験施工による検証 -

ニチレキ株式会社 内海 正徳

閉会の挨拶

16 : 00～16 : 05 鈴木 哲也（前農村道路研究部会長・新潟大学）

## 講演概要

### 橋梁、トンネル等の農道施設の点検に係る現状と今後の方向性について

農林水産省農村振興局 上野 豊

社会資本の老朽化が進行するとともに、老朽化に起因した重大な事故が発生しており、早急なメンテナンスサイクルの確立が求められている。橋梁、トンネル等の農道施設についても、今後、建設後 50 年を経過する施設が急増するが、管理者の財政的な制約等により、農道の維持管理に係る予算や人員等の体制は厳しい状況にあることから、このままの状況では維持管理の持続性が確保できなくなるおそれがある。メンテナンスサイクルの起点として欠かせないが、定期的を実施する必要がある、管理者への負担となっている施設の点検について、国土交通省における定期点検要領等の改定状況、農道施設の老朽化状況及び管理体制の現状等について述べた後、点検の考え方及び新技術の活用を含めた具体的な実施方法等について述べ、メンテナンスサイクル確立に向けた今後の課題や方向性を示す。

### 機械学習を用いた道路橋床版における劣化状況の非破壊検出

北里大学獣医学部 島本 由麻

道路橋 RC 床版では長期供用によって劣化や損傷が顕在化しており、外観情報からの損傷度や劣化状況の評価が重要な課題の一つとして位置づけられている。本論では、竣工後 50 年が経過した道路橋 RC 床版を計測対象として、決定木および最大エントロピー法を用いて遊離石灰を非破壊検出した結果について報告する。検討の結果、学習曲線よりモデルの妥当性が示されるとともに、約 25 %の訓練用データを削減できる可能性が示唆された。決定木および最大エントロピー法を組み合わせた提案手法は正解率、感度、適合率、F 値のすべての指標で決定木手法および大津の方法より精度が高く、正解率、感度、F 値の 3 つの指標では 0.85 以上だった。このことから、本提案手法は遊離石灰の検出において有用な手法であり、遊離石灰の自動検出に寄与できるものと考えられる。

## 49 kN 換算係数のコンクリート舗装設計への適応に関する検討

東京農業大学 松本 第佑

アスファルト舗装の理論的設計においては、大型車交通量から 49 kN 換算輪数を求めて疲労解析を行う。そのため、交通センサ等で計測される大型車交通データを利用できるというメリットがある。一方、コンクリート舗装の版厚設計では、実際に作用する様々な大きさの輪荷重群を用いて疲労解析を行うことから、輪荷重群が未知の場合には輪荷重を計測することを原則としている。そのため、計測データに基づく設計事例が少ないのが現状である。本研究では、コンクリート舗装に対して標準荷重 49 kN への換算を行う  $W$  kN 換算係数を交通量区分に応じて求め、国土交通省が実施した車両重量調査の結果を用いて  $W$  kN 換算輪数を算出するとともに、コンクリート舗装の版厚設計への適応性について検討した。その結果、 $W$  kN 換算係数を用いて算出した疲労度は輪荷重を直接的に用いて算出した疲労度よりも小さい値を与えたが、いずれの交通量区分においても比較的高い精度で疲労度を算出できることがわかった。また、大型車交通量から簡易的に  $W$  kN 換算輪数を算出し疲労解析を行った結果、N5 交通以下の軽交通においては疲労度のばらつきが大きかったが、N7、N6 交通においては輪荷重を用いて算出した疲労度と同程度の値を示すことがわかった。

## ほ場内農道舗装の路面損傷に応じた適切な維持管理について

鹿島道路（株）技術研究所 尾崎 風香

アスファルト舗装は、構築後から雨水や紫外線、車両走行による交通荷重などの影響により、損傷が進行していくものである。路面のひび割れやポットホールなどの損傷は、乗り心地や走行安全性を損ね、荷傷みなどの原因にもなるうえ、雨水が路盤以下に侵入し損傷が広がると、舗装全体の打換え措置が必要となる。特にほ場内農道は軽交通かつ交通荷重が小さいことから、アスファルト混合物層が薄く、直下に路盤がある場合が多いため、損傷が軽微なうちに封かんの措置を行い、舗装の長寿命化を図ることが肝要である。そこで本報告では、路面の損傷に応じて筆者らが開発した補修材料および工法について、特長や用途例、作業手順を概説する。具体的な内容は、(1)局所的なひび割れの補修に対応可能な貼付けマット型ひび割れ補修材「PMR99」、(2)穴埋め・段差修正に適用可能な高耐久性常温硬化型補修材「ハイパークールパッチ」、(3)広範囲なひび割れ、路面凹凸の除去が可能な簡易式路上表層再生工法「ヒートスティック工法」の3技術である。なお、(3)については凍結抑制機能の付加が可能であり、その概要および効果についても述べる。

## 北海道の農道における防雪柵の整備について

北海道農政部農村振興局農村整備課 中橋正彦

北海道において農道は、営農や農村の生活を確保する上で必要不可欠なものであり、広大な農地への通作や各種集荷施設への運搬、営農資材等の搬入のための交通網として、重要な役割を果たしている。一方、北海道は全国でも有数の豪雪地帯であり、季節に関係なく行われる酪農地帯の集乳や飼料等の運搬等で、降雪や吹雪が支障となっている。

このことから、農道における積雪寒冷地域対策の中でも防雪柵等の吹雪対策を進めているところであり、本報では酪農地帯で実施している吹雪対策の整備事例により、防雪柵の必要性の検討や施設選定手順などについて紹介する。

## 千葉県における農道整備事業について —JR東日本線路下の横断工事の事例—

千葉県安房農業事務所 地域整備課 渡辺 聖樹

千葉県の安房地域は房総半島の南端にあり、地域の多くは特定農山村等の条件不利地域の指定を受けている。

一方で、温暖な気候に恵まれ、花卉や果樹等の生産が活発であり、高齢化や人口減少が進む房総地域において地元の社会経済を支える重要な産業となっている。

また、本地域は首都圏に位置しながら、特色ある観光事業に取り組んでおり、房総半島を巡る観光の中心地としても大きな役割を果たしている。

本稿で述べる広域農道の安房地区は、その受益が安房地域を構成する館山市、鴨川市、南房総市、鋸南町の3市1町にわたっており、半島を東西に横断する道路が少ない本地域にとっては、農林水産業だけではなく観光や市民生活、特に災害時の緊急輸送ルートへのアクセス改善の上でも重要な計画となっている。

地区の計画延長  $L=7,295\text{m}$  は房総丘陵の山肌を切り盛りしながら新規に開設するものであり、橋梁工1箇所、トンネル工7箇所の整備を含むことから多くの事業期間を要している。

特に、トンネル工の1箇所はJR内房線をアンダーパスする要衝であり、本報ではこのアンダーパス工事について詳細を紹介する。

## 路上路盤再生工法（CAE 工法）の寒冷地への適用に関する検討

### - 室内および試験施工による検証 -

ニチレキ株式会社 北海道支店 内海 正徳

原位置で改良路盤を構築するセメントアスファルト乳剤安定処理（CAE）工法は、路盤まで損傷した舗装に適用し、舗装の支持力を向上させる工法である。CAE 路盤は、剛性を持つ版上の改良体であり、寒冷地に特有な凍上や凍結融解における支持力低下に抵抗することが期待される。そこで、凍上被害が確認された北海道内の道路において試験的に CAE 工法を施工し、原位置試料による室内試験ならびに冬季の動態観測を実施し、寒冷地における CAE 工法の適用について検証した。

室内試験では、JGS 法および NEXCO 法の凍上試験を実施し、本検討に用いた CAE 路盤は完全な非凍上性材料であることが確認された。つぎに、CAE 路盤は、CBR が 250～300、凍結融解後の CBR は 190～250 であり、凍結融解後も高い CBR を有する結果となった。さらに、凍上性材料を CAE によって改良した場合は、凍上性が 40%程度低下した。

つぎに、施工箇所の原位置観測から、全工区で盛土法面の凍上が確認されたが、未改修の工区とオーバーレイ工区を比較すると CAE 工法には明確な凍上抑制効果が確認された。

FWD 調査によって測定した D0 たわみ量は、CAE 工法によって大幅に改善されたが、融解期において増加する傾向が見られたため、経年変化を継続して観測する必要がある。

# 招待論文

## 橋梁、トンネル等の農道施設の点検に係る現状と今後の方向性について

農林水産省農村振興局 上野 豊

キーワード：農道、橋梁、トンネル、点検、メンテナンス、新技術

### 1. はじめに

社会資本の老朽化が進行し、老朽化に起因した重大な事故が発生している。特に、橋梁、トンネルについては、国内では、平成24年に発生した笹子トンネル天井板落下事故、海外でも平成19年に米国で供用中の橋梁が落橋、昨年10月には台湾で鋼製アーチ橋が突如落橋し犠牲者が出るなど、重大な事故が発生している。

笹子トンネル天井板落下事故を踏まえ、国土交通省社会資本整備審議会道路分科会が平成26年4月にとりまとめた「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」<sup>1)</sup>では、「今や、危機のレベルは高進し、危険水域に達している。ある日突然、橋が落ち、犠牲者が発生し、経済社会が大きな打撃を受ける…、そのような事態はいつ起こっても不思議ではないのである。我々は再度、より厳しい言い方で申し上げたい。「今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切らなければ、近い将来、橋梁の崩落など人命や社会システムに関わる致命的な事態を招くであろう」と。」と、インフラの現状に対する強い危機感とメンテナンスの必要性が率直に訴えられている。

このような状況は、農道の施設においても同様である。農道は、国道、県道、市町村道等の道路法上の道路と比較して交通量が少ないものの、橋梁やトンネル等が崩落するようなことがあれば重大な事故に直結するおそれがある。一方で、管理者は市町村や土地改良区であり、人員や予算も不足するなど、維持管理に係る体制が十分に確保できない管理者も多い。

本稿では、メンテナンスサイクルの起点として欠かせないが、定期的実施する必要がある、管理者への負担となっている施設の点検について、国土交通省における定期点検要領等の改定状況、農道施設の老朽化状況、管理体制等について述べた後、点検の考え方及び具体的な実施方法等について述べ、メンテナンスサイクル確立に向けた今後の課題や展望を示す。

### 2. 定期点検要領等の改定状況

国土交通省は、平成25年6月に道路法を改正し、点検基準を法定化したことに伴い、平成26年の定期点検に関する省令により、知識と技能を有する者が、5年に1回、近接目視を基本に実施することを規定し、橋梁、トンネル等の構造物毎の定期点検要領により具体的な点検方法等を提示した。平成26年度より同点検要領等に基づき、定期点検を開始して平成30年度末で5年が経過し、定期点検が1巡した。

1巡目の点検の中で、点検後に第三者の安全に影響を与える変状の発生や、変状の見落としが確認されたこと、ドローン等による写真撮影や非破壊検査等の技術開発が進化したこと、自治体からの点検に係る負担軽減等の要望等を踏まえ、診断の質を確保・向上しつつ、道路管理者が様々な合理化のための工夫ができるよう、平成31年2月に定期点検要領の改定が行われた。主な改定のポイントは、以下のとおり。

#### ① 状態把握の留意事項が例示も含め具体的に示された。

- ・ 狹隘部、水中部や土中部、トラス材の埋込部の腐食、グラウト未充填による横締めPC鋼材の破断、補修補強材で覆われた部材などにおいても、外観から把握できる範囲の情報では不足するとき、打音や触診等に加えて必要に応じて非破壊検査や試掘を行うなど詳細に状態を把握する
- ・ 機能の低下が橋梁全体の安全性に特に影響する重要性の特に高い部位（たとえばガセット、ケーブル定着部、ケーブル等）、道路橋の表面や添架物・附属物からの落下物による第三者被害の恐れがある部位等は、必要に応じた非破壊検査を行うなど慎重に状態を把握する 等

#### ② 近接目視を補完・代替・充実する技術の活用を可能とするため、自らが近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができると定期点検を行う者が判断した場合には、その他の方法について

ても、近接目視を基本とする範囲と考えるとよいと記載。併せて、「新技術利用のガイドライン（案）」<sup>5)</sup>において、新技術活用までのプロセスや留意点を示し、「点検支援技術 性能カタログ（案）」<sup>6)</sup>において、国管理施設等の定期点検業務で仕様確認が行われた技術を対象に開発者から提出された性能値をとりまとめた。

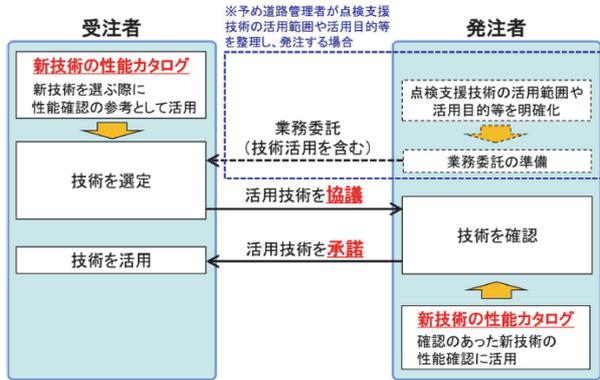


図1 点検支援新技術活用の流れ  
(新技術利用のガイドライン(案)より抜粋)

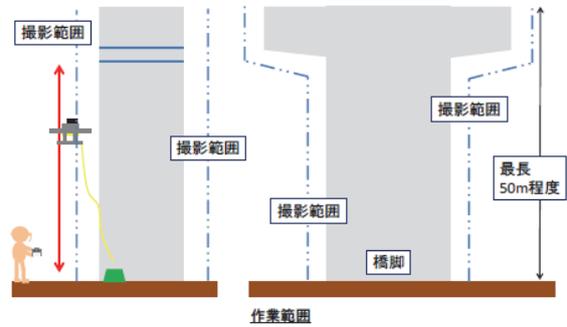


図2 新技術の掲載例  
(点検支援技術 性能カタログ(案)より抜粋)

- ③ 点検の合理化，作業量の低減を図るため，溝橋（ボックスカルバート），床版橋，H形鋼桁橋について，変状項目や着目すべき箇所の特定，特定の水路カルバート等について，打音・触診の省略や変状項目の特定，二回目以降のトンネル点検において，打音検査の範囲を特定し，参考資料をとりまとめた。

判定区分	構造物の断面に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。 (早期措置要)	一般的性状	断面面にひびわれやうき、ポットホール、水や石灰分の湧出などの異常が生じている例
	例 目視で容易に視認できるひびわれがあり、上部又は背後からのコンクリート内部への顕著な漏水が継続しているなどにより、確実に劣化が進展することが見込まれる場合		例 路面の路面の変状は、構造物表面土の流出が生じていることに類似する可能性がある。 (大雨時の洪水により、路面に陥没などの異常が急速に進展する可能性がある。)
	例 広範囲にわたって内部鉄筋の露出が進行していることが見込まれる場合		例 断面断面に露筋が見られ、頂部にコンクリートの剥け落ち、鉄筋の露出・露出が見られる例 (過去に附属物が設置されていたなどの理由により、頂部コンクリートの一部が剥離されていることなども考えられる)
	例 頂部の広範囲にわたってコンクリートが剥離を伴うひびわれが生じ、一部に鉄筋露出・露出も見られ、内部鉄筋の露出が広範囲で進行していることが見込まれる場合		
	例 目視で容易に視認できるひびわれがあり、上部又は背後からのコンクリート内部への顕著な漏水が継続しているなどにより、確実に劣化が進展することが見込まれる場合		
備考 可視目視によるのは、検査の可能性についても検討するがよい。 断面の広範囲にわたってコンクリートが剥離を伴うひびわれが生じており、内部鉄筋の露出が広範囲に進行していることが認められる場合、露出の程度、露出量の影響や露出の急速な進行が懸念される場合には、判定区分とすることも考えられる。		備考 断面の異常については、他の変状の兆候である可能性にも留意する。	

図3 健全性診断の参考資料（特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料<sup>3)</sup>より抜粋)

また、現在国土交通省社会資本整備審議会道路技術小委員会において、今後の道路メンテナンスについて継続して議論されているところであり、橋梁等の構造物の構造や点検の目的に応じて、点検時に取得すべき情報のきめ細やかな整理、新技術の活用も含めた情報の取得方法（計測項目）の整理が検討事項として示されているほか、新技術の活用について、部位、部材の状態把握については、目的に応じて最適な技術を組み合わせて効率的な実施、健全性の診断については、AI等の技術も活用しつつ、人（知識と技能を有する者）が実施すること等の方向性が示されている。

### 3. 農道施設の老朽化状況について

農林水産省農村振興局では、平成26年に策定したインフラ長寿命化計画（行動計画）<sup>8)</sup>において、農業水利施設、農道、農業集落排水施設等のストックマネジメントサイクルの確立を目標とし、農道については、橋長15m以上の橋梁、トンネル等の重要な施設を対象として、個別施設計画の策定を進めているところである。これらの重要な農道施設の建設後経過年数は橋梁で平均28年（図4）、トンネルで22年（図5）となっており、供用後50年経過施設の割合が橋梁で3%、トンネルで4%にすぎず、定期点検においてIII 早期措置段階又はIV 緊急措置段階と診断された施設は、橋梁で10%、トンネルで30%にとどまっているものの、20年後の50年経過施設の割合は、橋梁41%、トンネル15%、30年後には橋梁73%、トンネル48%となり、施設の老朽化が急速に進むことが想定されていることから、早期にメンテナンスサイクルの確立を図り、適時適切に点検・診断、保全対策を行うことで、施設の機能の確保を図ることが求められている。

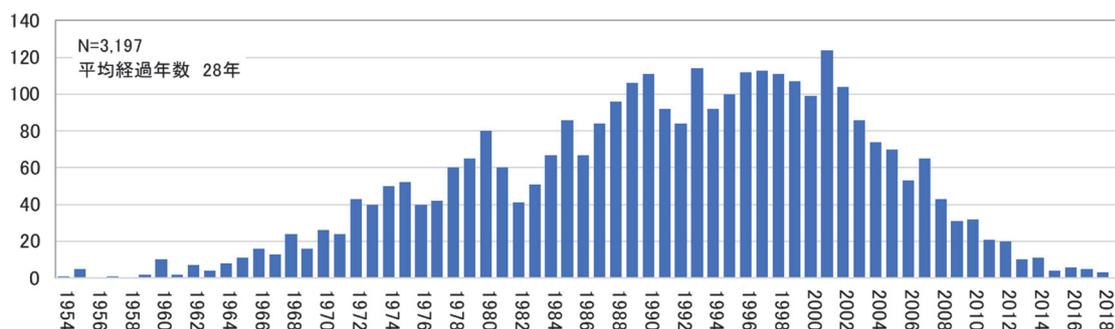


図4 農道における橋梁の建設年

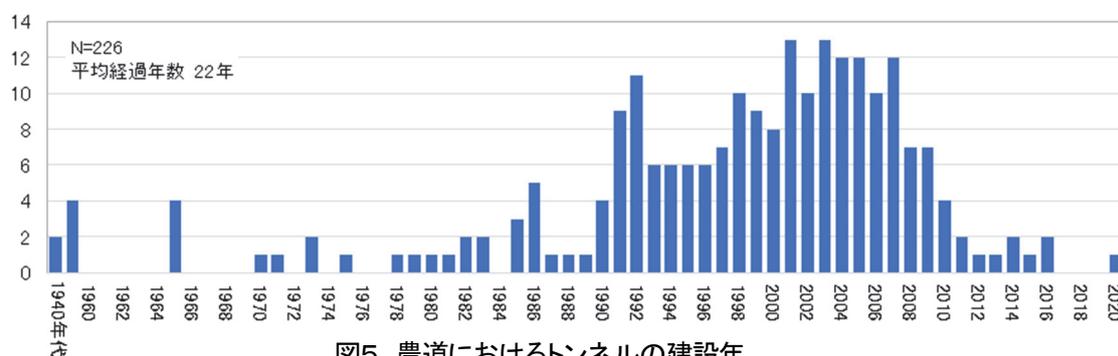


図5 農道におけるトンネルの建設年

### 4. 農道の管理体制について

農道の管理者は、市町村又は土地改良区が多く、橋長15m以上の橋梁、トンネル等の重要施設については90%以上が市町村の管理となっているが、農道の延長で集計した場合の管理者の割合は、市町村が66%、約11万4千km（うち舗装済延長80%）、土地改良区が34%、約5万8千km（うち舗装済延長21%）となっており、未舗装の割合が高いものの、土地改良区が管理している農道も相当程度存在する。

令和2年に農道管理者に対して行ったアンケート調査の結果によれば、農道を管理する市町村のうち、市町村道を管理している部局（建設課等）が担当している市町村が32%、農林部局が担当している市町村が68%であった。点検に関する課題について複数回答可で質問したところ、「予算不足」と「人員不足」がほぼ同数で多く、次いで「技術力不足」となった。一方で、土地改良区については、「予算不足」、「人員不足」、「技術力不足」がほぼ同数の回答となり、市町村と比べても、技術者の確保が困難な状況にあるという結果となった。

また、「農道・林道の維持管理に関する行政評価・監視 結果報告書」（令和2年5月総務省行政評価局）<sup>9)</sup>によれば、調査対象となった農道を管理する44市町村、14土地改良区、3都道府県のうち、維持管理担当職員が1名以下の機関が12（20%）、技術系職員がいない機関が15（25%）となっており、技術系職員

の確保が困難な状況にあることは、本調査でも示されている。

## 5. 課題と今後の方向性について

3. 及び4. で述べたとおり、橋梁、トンネル等の農道施設については、建設後50年を経過する施設が今後急増するが、管理者の財政的な制約等により、農道の維持管理に係る予算や人員等の体制は厳しい状況にあり、このままの状況では維持管理の持続性が確保できなくなるおそれがある。

ここで、農道の維持管理に係る状況だけでなく、農道の役割や農道を取り巻く状況を確認したい。農道は、①農地への通作や農機の通行等による農業生産性の向上、②良好な路面環境の整備による果樹や野菜等の荷痛み防止、③集出荷施設、消費地等への輸送時間短縮等による輸送・流通の合理化、④道路ネットワークの一環として農村地域内及び地域外へのアクセス向上等の役割を担っている。農業者が減少する中で、農業生産活動を継続して行っていくためには、効率的かつ柔軟な生産を可能とする農地の基盤整備と合わせて農機等が走行することができる農道の整備は欠かせないし、農産物の地域内流通や消費地への輸送経路としても農道の機能の確保が欠かせないことは明らかである。さらに、農道は、国道等の幹線道路に接続し、災害が起きた際には迂回路や緊急輸送路としての機能を果たすなど、農村地域のレジリエンスの向上という観点からも重要な役割を担っている。

一方で、農地面積は減少傾向が続いており、令和元年8月に農林水産政策研究所が発表した「農村地域人口と農業集落の将来予測」<sup>10)</sup>によれば、2015年の人口と2045年の推計値を比較すると、平地農業地域で2015年の68.4%、中間農業地域で58.4%、山間農業地域で45.8%と、今後農業地域の人口は大きく減少する推計が示されている。

表1 農業地域類型別の人口推計結果

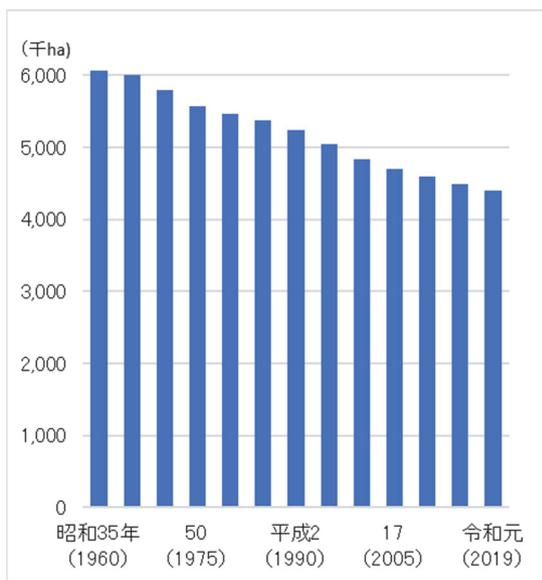


図6 農地面積の推移

		2015年	2020年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年
実数 (万人)	全 国	12,709	12,532	12,254	11,913	11,522	11,092	10,642
	都市的領域	10,263	10,237	10,122	9,945	9,718	9,451	9,160
	平地農業地域	970	929	881	829	776	720	663
	中間農業地域	1,133	1,057	977	896	816	737	662
	山間農業地域	344	309	275	242	212	183	157
指数 (2015年=100.0)	全 国	100.0	98.6	96.4	93.7	90.7	87.3	83.7
	都市的領域	100.0	99.8	98.6	96.9	94.7	92.1	89.3
	平地農業地域	100.0	95.8	90.9	85.5	80.0	74.2	68.4
	中間農業地域	100.0	93.3	86.2	79.1	72.0	65.1	58.4
	山間農業地域	100.0	89.8	79.9	70.4	61.6	53.3	45.8
増減率 (%)	全 国	▲1.4	▲2.2	▲2.8	▲3.3	▲3.7	▲4.1	▲4.1
	都市的領域	▲0.2	▲1.1	▲1.7	▲2.3	▲2.7	▲3.1	▲3.1
	平地農業地域	▲4.2	▲5.1	▲5.8	▲6.5	▲7.2	▲7.8	▲7.8
	中間農業地域	▲6.7	▲7.6	▲8.3	▲8.9	▲9.6	▲10.3	▲10.3
	山間農業地域	▲10.2	▲11.1	▲11.8	▲12.6	▲13.4	▲14.1	▲14.1
65歳以上人口比率 (%)	全 国	26.6	28.9	30.0	31.2	32.8	35.3	36.8
	都市的領域	25.2	27.3	28.2	29.4	31.2	33.8	35.3
	平地農業地域	29.4	33.0	35.4	37.1	38.7	41.2	43.3
	中間農業地域	33.2	36.8	39.2	41.0	42.5	45.0	46.9
	山間農業地域	38.5	42.5	45.4	47.5	49.2	51.7	53.7

注1) 国勢調査の組替集計による。なお、2020年以降はコーホート分析による推計値による。  
注2) 農業地域類型は2000年時点の市町村を基準とし、2007年4月のコードを用いて集計した。

このことから、既存の全ての農道を今後も維持管理していくのではなく、地域の住民、農地、農業、関連産業等の状況に合わせて、引き続き重要な役割を果たし続ける農道と今後その役割が減少していく農道を明らかにした上で、施設の管理のあり方を検討する必要がある。

今後も必要な施設が明らかになれば、新技術や管理者による直営点検の活用も含め、施設の点検に係るコストを最小化した上で点検・診断を実施し、その結果に基づきライフサイクルコストの比較を行った上で、最適な保全対策の実施計画（個別施設計画）を定める。これらの検討を進める過程で、農道の効果（必要性）、施設の状況（危険性）、今後の維持管理に最低限必要な予算や人員を明らかにすることで、地域住民への説明責任を果たすとともに、予算と人員の確保を図るために必要なエビデンスを揃えることが

できる。農道担当者がこのような検討を地道に積み重ね、説明責任を果たし続けていくことが、唯一の解決策ではないかと考えている。

## 6. 点検の考え方及び具体的な実施方法等について

### 6.1 点検の考え方

表2は「農道保全対策の手引き」に示している点検計画策定にあたっての視点であるが、既存の農道と地域の住民、農地、農業、関連産業等の状況を「路線の重要性」の観点から照らし合わせ、まずは引き続き重要な役割を果たし続ける農道と今後その役割が減少していく農道を明らかにする。現在既に使用されていない農道や今後使用しなくなる見込みのある農道については、施設の老朽化状況等の危険性等を考慮した上で必要に応じて通行止め等の措置を行うとともに、施設の撤去も含めて検討する。

表2 点検計画策定にあたっての視点

区分	視点	要素	指標・判断基準（例）
路線の重要性	消費者の視点 生産者の視点 地域住民の視点	防災計画上の重要路線	緊急輸送道路の指定の有無
		幹線道路へのアクセス性	迂回の影響の大小
		通行止めによる影響	迂回の影響の大小、孤立集落の発生の有無
		交通量	交通量の大小
		農産物流通	農業生産性、農産物流通への影響の大小、鮮度、荷痛み防止
		通作、ほ場内作業の能率向上	ほ場への通作、農産物の搬出への影響の大小
構造物重要性	安全性確保の視点	第三者への影響	跨線橋、跨道橋
		施設規模	構造物の重要度（耐震対策）、延長
		劣化進度	塩害の発生しやすい沿岸部、凍害の発生しやすい山間部
		供用期間	経過年数
		損傷状況	既往損傷の履歴

今後も引き続き活用する農道については、路線の重要性、構造物の危険性、安全性確保の観点から、優先順位をつけて点検を行う「点検計画」を策定し、順次点検を行う。この際、①交通量が多い橋梁や跨線橋・跨道橋・トンネル等の損傷した場合に通行者等に影響を及ぼすおそれが高く、点検結果の確実性が必要な施設や、②橋長が長く大規模な施設で点検に特別の機材等が必要な施設、構造が複雑な施設等の技術的に高度な診断が要求される施設等はコンサルタント等への委託による点検を行うことを基本とする。一方で、①交通量が少なく、利用者も限定的な施設、②小規模な溝橋（ボックスカルバート）等の損傷する部位が限定でき、構造も複雑でない施設については、直営での点検も検討する。

これらの既存の農道の役割の確認（基礎的な情報収集・分析）、点検の優先順位付け、点検計画の策定（点検コストの最小化と必要な予算・人員の明確化）、業務委託・直営点検による点検・診断の実施、点検結果に基づく個別施設計画の策定（施設のライフサイクルコストの最小化）までの一連のプロセスを行うことは、将来にわたる維持管理コストを最小化した上で、予算や人員の確保も含め、農道のメンテナンスサイクルコストを確立し、維持管理の持続性を確保するために欠かせない重要な取組である。農林水産省では、農道管理者が行うこれら一連の取組と保全対策の実施までを一体的に支援する「農村整備事業」を令和3年度に創設することから、本事業や農山漁村地域整備交付金等を活用することにより、このような取組を確実に推進できればと考えている。

## 6.2 委託業務による点検と直営点検について

点検の具体的な方法としては、委託業務による点検と職員自らが行う直営点検がある。委託業務による点検については、2. で述べた道路点検要領の改定に基づき、一般的な溝橋、桁橋、床版橋及びトンネルの2巡目以降の定期点検業務を建設コンサルタント等に発注する場合の積算資料が暫定版として公表されているので参考になる。直営点検については、農道管理者の職員等が直接点検をすることとなるが、点検を行う者は「必要な知識と技能を有する者」であり、道路橋定期点検要領<sup>2)</sup>には、たとえば以下のいずれかの要件に該当する者が行うことが重要であるとされている。

- ・ 道路橋に関する相応の資格または相当の実務経験を有すること
- ・ 道路橋の設計、施工、管理に関する相当の専門知識を有すること
- ・ 道路橋の定期点検に関する相当の技術と実務経験を有すること

4. で述べたとおり、技術系職員の確保が困難な管理者も多い状況であるが、直営点検を行うことができるだけの技術と経験を有する職員を確保することは、委託業務による点検の成果を技術的な観点から確認するという意味でも極めて重要であることから、一定の要件を満たす橋梁について直営点検を実施することは、点検コストを削減するだけでなく、技術と経験を有する職員の育成のためにも非常に重要であると考えている。橋梁、トンネル等の点検に係る技術的な講習等については、国土交通省の地方整備局で道路構造物管理実務者研修等の研修が行われているほか、都道府県、建設協会、橋梁調査会等の民間団体等も研修会を開催していることから、これらを活用して技術や資格等を取得することも有益である。

## 6.3 新技術の活用について

新技術の活用については、2. で述べたとおり、「自らが近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができると定期点検を行う者が判断した場合には、その他の方法についても、近接目視を基本とする範囲」とされており、近接目視と同等の診断が可能な精度のものであればドローンを活用して撮影した画像や動画等を近接目視の代替とすることが可能となっている。点検にドローン等を活用することで、一般的に、①点検期間の短縮、②足場設置等が不要になることによる費用縮減、③橋梁点検車の利用が不要又は減少することによる交通規制の縮小、④位置情報も含めた画像・動画を記録することにより、客観的な状態の比較が可能となり、点検の質の向上等のメリットがあると考えられる。

ただし、着目すべき変状は、各部材の種別により異なり、例えば、コンクリート部材では、ひびわれ、うき・剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰等であり、鋼部材では、腐食、亀裂、破断、防食機能の劣化、ボルトのゆるみ・脱落、支承の機能障害等であることから、近接目視を行うことに加えて、打音や触診などのその他方法を併用しなければ健全性の診断のために必要な情報を得ることができない場合も多い。したがって、ドローン等の新技術を活用できる範囲を明確にし、そのほか必要な手段と組み合わせた点検計画を策定することが重要である。

## 7. まとめと今後の方向性

以上述べたとおり、農道管理者が今後も適切に農道施設を管理していくためには、地域の状況と既存の農道施設を照らし合わせ、農道の効果（必要性）、施設の状況（危険性）、今後の維持管理に最低限必要な予算や人員を明らかにした上で、必要な予算・人員を確保し、持続可能なメンテナンスサイクルを確立する必要がある。その中で、管理者の技術的基盤を確保するために、直営点検も活用して技術者を育成することが重要であり、今後は、新技術の活用により点検のコスト・労力の削減、質の向上が期待できる。

農林水産省としては、農村整備事業や農山漁村地域整備交付金により、引き続き財政的な支援を行っていくとともに、今後は、技術的な支援の充実も検討していきたい。具体的には、農道に多いボックスカルバート等の小規模橋梁をメインターゲットとして、直営点検を行う際に参考となる分かりやすい資料の作成、点検の基本的な考え方や直営点検の実習も含めた研修、健全性の診断にかかる技術的な相談窓口の設置等を想定している。各地でこのような取組を実施する上では、国、都道府県、市町村等の行政機関、研究機関、大学等の学術機関、土地改良区、土地改良事業団体連合会等の団体、コンサルタント等の民間企業との連携も必要となることから、このようなネットワーク作りも進めていきたいと考えている。

## 参考（引用）文献

- 1) 社会資本整備審議会 道路分科会（2014）：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言  
<https://www.mlit.go.jp/common/001036085.pdf>（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 2) 国土交通省 道路局（2019）：道路橋定期点検要領  
[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 3) 国土交通省 道路局 国道・技術課（2019）：特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料  
[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_2.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_2.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 4) 国土交通省 道路局（2019）：道路トンネル定期点検要領  
[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_2.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_2.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 5) 国土交通省（2019）：新技術利用のガイドライン（案）  
[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo5\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo5_1.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 6) 国土交通省（2020）：点検支援技術 性能カタログ（案）  
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 7) 国土交通省（2020）：道路メンテナンスに関する今後の検討事項について  
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001372055.pdf>（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 8) 農林水産省 農村振興局（2014）：インフラ長寿命化計画（行動計画）  
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/infra/keikaku/pdf/infra.pdf>（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 9) 総務省行政評価局（2020）：農道・林道の維持管理に関する行政評価・監視 結果報告書  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000687361.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000687361.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）
- 10) 農林水産政策研究所（2019）：農村地域人口と農業集落の将来予測－西暦 2045 年における農村構造－  
[http://www.maff.go.jp/primaff/seika/attach/pdf/190830\\_2.pdf](http://www.maff.go.jp/primaff/seika/attach/pdf/190830_2.pdf)（参照 2020 年 12 月 18 日）

# 研究論文

# 機械学習を用いた道路橋コンクリート床版における劣化状況の非破壊検出

北里大学 獣医学部 島本由麻  
馬場光久  
杉浦俊弘

新潟大学大学院 自然科学研究科 萩原大生  
新潟大学 農学部 鈴木哲也

キーワード：決定木、画像処理、遊離石灰、道路橋、コンクリート床版

## 1. はじめに

道路橋 RC 床版では長期供用によって劣化や損傷が顕在化しており、外観情報からの損傷度や劣化状況の評価が重要な課題の一つとして位置づけられている。現在、床版の標準的な定期点検作業には近接目視が主に用いられているが、床版は広範囲に分布しており、作業の簡略化や調査者による誤差縮小の観点から、画像処理による劣化・損傷状況の定量化や自動検出の必要性が認められている（国土交通省，2019）。このため、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いた画像処理技術によって劣化や損傷の実態評価が行われている（堀口ら，2018；田畑ら，2018）。床版においては、ひび割れや遊離石灰（エフロレッセンス）の把握が重要である。筆者らは既往研究で AE 法によるコンクリートのひび割れ損傷度評価について検討を進めてきた（鈴木，2016；Shimamoto and Suzuki, 2020）。既往研究で検討している内部の損傷度評価と外観情報による損傷度や劣化状況の評価を組み合わせることで、既存施設の適切な維持管理につながると考えられる。

本研究対象である遊離石灰はコンクリート床版にひび割れが発生すると、ひび割れに沿って生じることがあり、劣化状況の指標として用いられる。既往研究においてひび割れ検出への画像処理技術の活用に関して数多くの知見が得られている一方で、遊離石灰の検出については十分に検討されていない。なお、ひび割れの検出手法は、ひび割れの幾何学的な特徴の抽出（例えば、Lee and Kim, 2013）、周波数解析・空間フィルタリング（例えば、Abdel-Qader et al., 2003）、機械学習（例えば、野村ら，2017）の主に 3 手法に大別される。この 3 手法を遊離石灰の検出に適用した場合、幾何学的特徴やウェーブレット変換を用いた検出では前処理や後処理を必要とするため、迅速な結果を得ることが難しいと報告されている（堀口ら，2018）。

そこで、本研究では、ひび割れの検出に有効であった 3 手法のうち機械学習手法と空間フィルタリングに着目し、遊離石灰の検出を試みた。本論では、竣工後 50 年が経過した道路橋 RC 床版を計測対象として、決定木および最大エントロピー法を用いて遊離石灰を検出した結果について報告する。

## 2. 計測対象施設

計測対象は、新潟市に立地する T 橋である。本施設は、1969 年に架設された 7 径間単純鉄桁橋であり、供用後 50 年が経過している。舗装部はひび割れ損傷が顕在化している。アスファルト舗装下部の RC 床版の損傷も進行していた（図 1）。損傷区分および健全度は、新潟県橋梁定期点検要領【標準点検編】をもとに判定（A～E 判定）した結果、ひび割れ幅 0.2 mm 以上の格子状のひび割れが顕在化した判定 E となった。既存施設の補修状況は、2008 年度に床版補強設計が実施され、跨線部のみ施工が実施されている。



図1 鉄筋コンクリート床版部のひび割れ状況

本研究では、デジタルカメラ RICOH WG-40W (RICOH 社製) を用いて、床版下方から写真撮影を行った。

### 3. 解析方法

#### 3. 1. 対象画像

本研究では、教師あり学習の一つである決定木を用いて、着目画素の遊離石灰の有無を判定した。教師あり学習とは、事前に与えられた訓練用データとデータのクラスラベルを基に、データとクラスの関係性を正しく出力する識別器を学習する手法である。図2に遊離石灰検出の流れを示す。本研究では、クラスラベルの付与後、取得画像を256階調でグレースケール変換し、2つの説明変数を検出した。決定木を用いて、訓練用画像を学習させた。評価用画像においても特徴量を抽出し、訓練用画像を基に作成した学習モデルから遊離石灰を検出した。加えて、評価用画像に特徴量抽出の際にも使用する DoG (Difference of Gaussian) フィルタを適用し、最大エントロピー法を用いて遊離石灰を検出した。機械学習と最大エントロピー法によって得られた画像を合成した。この2つの画像処理を組み合わせたときの評価用画像における検出精度を検証した。

訓練用画像および評価用画像を図3に示す。訓練用画像は  $267 \times 1,896$  pixel を2枚とした1,012,464データ、評価用画像は  $267 \times 1,896$  pixel の506,232データとした。なお、水平方向および垂直方向の解像度はともに72 dpiである。

#### 3. 2. 説明変数の設定

本研究では説明変数として輝度値および DoG (difference of Gaussian) フィルタ後の画素値という2つの特徴量を設定した。輝度値はグレースケール変換後の画素値である。DoG とは LoG (Laplacian of Gaussian) を近似したものであり、分散  $\sigma^2$  が異なる2つのガウシアン画像の差分処理により、画像のエッジを強調する効果があるフィルタである。LoG フィルタとは、画像の横方向の二次微分結果と縦方向の二次微分結果を足し合わせるによりラプラシアン値を求め、エッジを強調するフィルタである。ガウシアンフィルタは重みをガウス分布に近づけ平均化するフィルタである。本研究では、 $\sigma=10$  および  $\sigma=1$

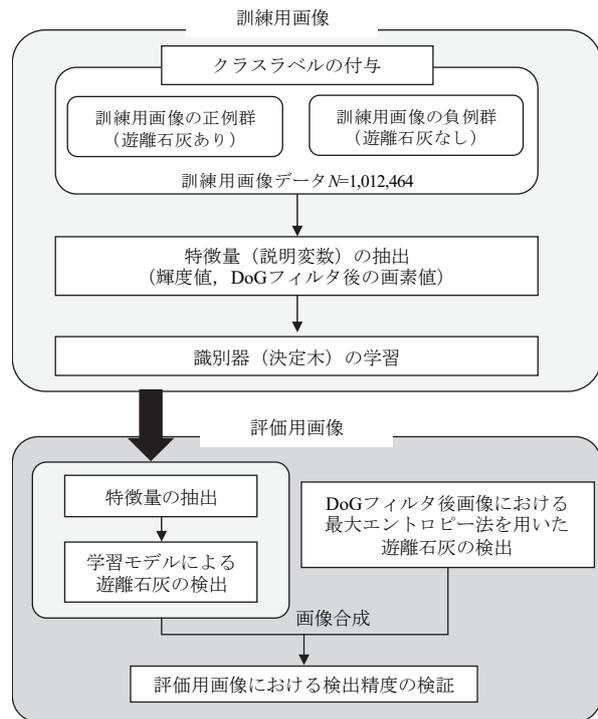
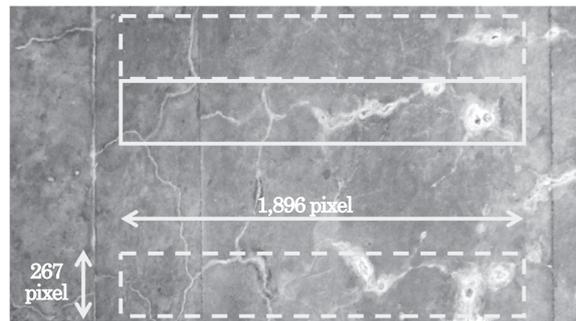
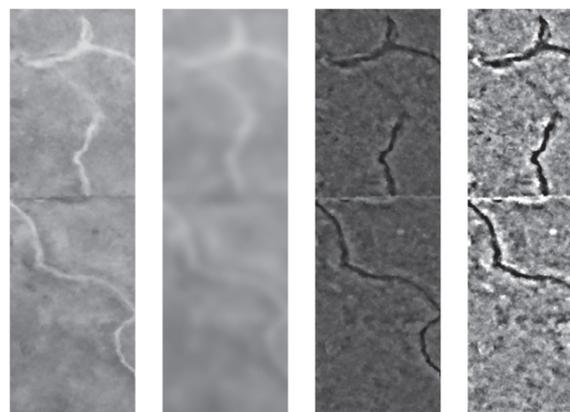


図2 遊離石灰の抽出方法



\*点線部が訓練用画像、実線部が評価用画像を示す。  
図3 訓練用画像および評価用画像



(a)  $\sigma=1$ , (b)  $\sigma=10$ , (c) (b)と(a)の差分処理画像,  
(d) (c)をヒストグラム平坦化した後の画像  
図4 DoG フィルタの例

の差分画像を取得し、説明変数として用いた。図4にDoGフィルタの一例を示す。

### 3. 3. 決定木を用いた識別器の構築

決定木とは木構造をもち、説明変数の大小関係によって識別ルールを構築する手法である。決定木は大きいデータセットや多くの説明変数を使用しても処理速度が速く、説明変数間に独立であるという過程を用いていないといった利点を持つ。本研究では、CART法 (Classification And Regression Tree) を用いて木の分岐を決定した。CART法とはジニ係数を分岐の基準とする方法である。ノード  $t$  における不純度を表すジニ係数  $L(t)$  は次式で与えられる (飯山, 2015)。

$$L(t) = \sum_{i=1}^K p(c_i|t) (1-p(c_i|t)) = 1 - \sum_{i=1}^K p^2(c_i|t) \quad (1)$$

ここで、 $p(c_i|t)$  はノード  $t$  で  $i$  番目のクラスのデータが選ばれる確率を示す。本研究ではジニ係数による不純度の減少量が最大となるように、木を分岐させた。

CART法では訓練用データに過剰にモデルを適合させてしまう過学習の問題が生じることが課題として挙げられる。このため、 $k$ -分割交差検証法により事前枝切りを行い、過学習の影響を減少させる手法が用いられる。 $k$ -分割交差検証法とは、訓練用データを  $k$  分割し、そのうち  $k-1$  個のデータセットを学習用セット、1 個のデータセットを評価セットにして、モデルを学習し、この一連の流れをすべての分割が一度は評価セットとなるように  $k$  回繰り返す手法である (Beyeler, 2018)。本研究では、5 分割交差検証法でパラメータチューニングを実施した。

### 3. 4. 最大エントロピー法による遊離石灰の検出

背景部と遊離石灰部の画素値が近い部位においては、決定木では誤判定が多いと推察される。そこで、本研究ではエントロピーベース手法の1つである最大エントロピー法による遊離石灰の検出を試みた。エントロピー  $H[P]$  は濃度ヒストグラムの特徴量を表す指標の一つであり、式 (2) で算出される。最大エントロピー法は二値化したときの領域分布のエントロピーが最大になるようにしきい値を決定する方法である (Kapur et al., 1985)。

$$H[P] = - \sum_{i=0}^{n-1} P(i) \ln[P(i)] \quad (2)$$

ここで  $P(i)$  は画素値  $i$  の正規化したヒストグラムにおける確率を表す。

本研究では、DoGフィルタ後の画像において、全体の画素数の0.1%以上の画素数をもつ画素値のみでヒストグラム平坦化を実施し、カラーバランスを調整した (図4(d))。その後、最大エントロピー法によって二値化処理を行った。このときのしきい値は79だった。

## 4. 結果および考察

### 4. 1. 説明変数の重要度評価

本研究では、交差検証法により木の深さを4に決定した。決定木には、説明変数の重要度を算出することができるという利点がある。重要度の算出方法には、ジニ係数の減少量を用いる方法と Out-Of-Bag (OOB) の誤り率の変動を用いる2種類の方法がある (飯山, 2015)。本研究では、ジニ係数を算出方法として採用し、ある変数を用いて分割することでジニ係数がどのくらい減少するのかすべてのノードについて集計し、平均したものをその説明変数の重要度とした。

検討の結果、輝度値が85.2%、DoGフィルタ後の画素値が14.7%の重要度を示した。輝度値の重要度がDoGフィルタ後の画素値より5.8倍高いことが明らかになった。重要度は上位ノードにあるほど高い傾向を示す。本研究では、訓練用画像において「遊離石灰あり」が100,055データ、「遊離石灰なし」が912,409

データであり、「遊離石灰なし」のデータ数が約9倍多かった。このため、「遊離石灰なし」を検出するモデルが上位で生まれ、輝度値が第1ノードを含む上位ノードに用いられたため、輝度値の重要度が高くなったと推察される。

#### 4.2 学習曲線によるモデルの評価

訓練用画像において5分割交差検証法を実施し、学習曲線を作成し、モデルの妥当性を評価した。学習曲線とは、モデルの予測精度とデータのサンプルサイズの関係を示した曲線である。訓練用データのサンプルサイズが増えるほどすべてのデータから特徴を学習しようとするため訓練用データの精度は減少傾向を示す。一方、サンプルサイズが増えるほど学習したモデルの汎用性が高くなるので、検証用データに対する予測精度は増加傾向を示す。理想的なモデルであれば、サンプルサイズを大きくしたときに、訓練用データと検証用データが漸近する。どちらのデータ精度も目標精度より低い場合、説明変数が少なく、データの取りこぼしが多いことを示している。一方、訓練用データと検証用データの精度が大きく異なる場合、モデルが複雑であり、訓練用データにのみ適用するモデルが生まれ、過学習となっていることが読み取れる。

図5に本研究における学習曲線を示す。精度は正解率により求めた。正解率は次式で定義される (Beyerler, 2018)。なお、本研究では目視結果を正解と定めた。

$$\text{正解率} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}} \quad (3)$$

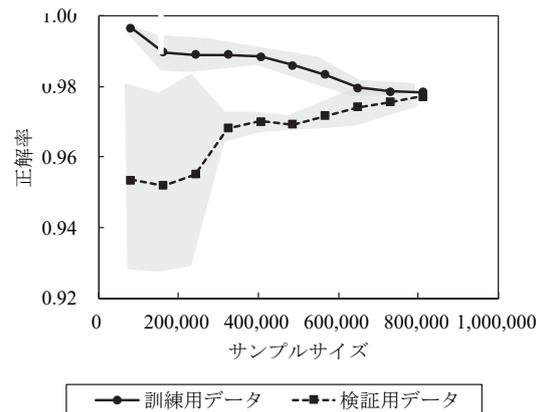
ここで、TP, TN, FP, FNはそれぞれ True Positive, True Negative, False Positive, False Negative の略であり、表1のように定義した。

図5より、モデルの予測精度は0.98を示し、非常に高いことが明らかになった。サンプルサイズが約750,000以上となると、訓練用データと検証用データがほぼ同一の正解率を示しており、モデルとして過学習が発生していないことが明らかになった。これらの結果から、本検討では1,012,464データを訓練用データとして使用したが、約25%のデータを削減できる可能性があると考えられる。なお、検証用データにおける正解率の誤差はサンプルサイズが約250,000以下のとき大きいことが示された。先述した通り、「遊離石灰なし」のデータが「遊離石灰あり」のデータと比較して多いため、「遊離石灰なし」のデータのみで訓練されてしまう等の画素値の偏りが影響していることが考えられる。

#### 4.3 評価用画像による検出精度の検証

前節よりモデルの妥当性が示されたことから、決定木を評価用画像に適用した。遊離石灰の検出精度を正解率、感度、適合率、F値を用いて検証した。加えて、提案手法の精度を画像処理として一般的に用いられる大津の方法 (大津, 1980) によって検出した結果および決定木のみを用いて検出した結果と比較した。

図6に各手法による遊離石灰の検出画像の比較結果を示す。大津の方法では、遊離石灰ではない箇所に関しても遊離石灰であると判定した箇所が多かったのに対して、決定木手法 (図6 (c)) や決定木・最大



\*図中の灰色部分は標準誤差を示す。  
図5 学習曲線

表1 混同行列

検出結果 \ 正解	混同行列	
	遊離石灰あり	遊離石灰なし
遊離石灰あり	TP (True Positive)	FP (False Positive)
遊離石灰なし	FN (False Negative)	TN (True Negative)

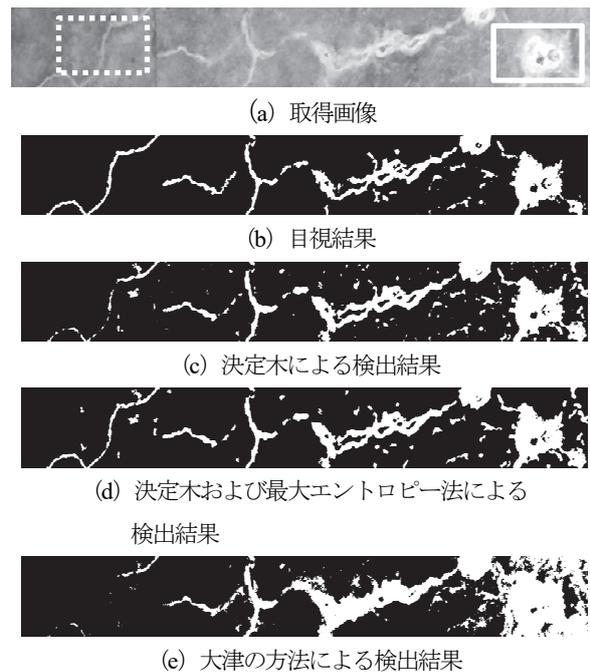
エントロピー法による方法 (図6 (d)) では目視の結果とほぼ類似の結果が得られた。特に、光の影響を強く受けた箇所に関して、大津の方法と比較して検出精度が高かった (図6 実線部)。図6 破線部では決定木手法の検出精度に課題があることが確認された。遊離石灰がない箇所と遊離石灰がある箇所における輝度値および DoG フィルタ後の画素値の差が小さく、データ数が約9倍多い「遊離石灰なし」の影響を強く受けたためだと考えられる。一方、決定木・最大エントロピー法による方法においては図6 破線部においても検出できており、検出精度を改善できることが明らかになった。このことから、決定木と最大エントロピー法の組み合わせることで遊離石灰を正確に検出できると考えられる。

表2に精度の比較結果を示す。決定木・最大エントロピー法はすべての指標で決定木手法および大津の方法より精度が高かった。大津の方法においては感度が0.902と高い値を示したが、この結果から検出精度が高いと結論付けることはできないと推察される。大津の方法では遊離石灰でない箇所に関して遊離石灰であると判定した箇所が多く、TPとFPの値が大きくなったため感度が高くなったと考えられる。決定木手法および決定木・最大エントロピー法においては、適合率が他の指標と比較して低かった。これは目視より1~3pixel程度遊離石灰の幅を広く検出したためだと考えられる。なお、性能評価指針として適合率と感度の調和平均であるF値が多く用いられる (全ら, 2017)。決定木・最大エントロピー法ではF値が0.862であり、大津の方法と比較すると0.2以上高く、決定木手法と比較すると0.02高かった。以上より、決定木・最大エントロピー法は遊離石灰の検出において有用な手法であると考えられる。今後、コンクリート材料や施工条件等が異なる条件下での適用範囲について検討を進める必要がある。

## 5. まとめ

本研究では、竣工後50年が経過した道路橋鉄筋コンクリート床版を対象に、決定木および最大エントロピー法を用いて遊離石灰の検出を試みた。検討の結果を以下に列挙する。

- 1) 決定木手法における説明変数の重要度は、輝度値が85.2%、DoG フィルタ後の画素値が14.7%であった。
- 2) 学習曲線よりモデルの妥当性が示されるとともに、約25%の訓練用データを削減できる可能性が示唆された。
- 3) 決定木および最大エントロピー法を組み合わせた手法は正解率、感度、適合率、F値のすべての指標で決定木手法および大津の方法より精度が高く、正解率、感度、F値の3つの指標では0.85以上だった。このことから、本提案手法は遊離石灰の検出において有用な手法であると考えられる。本研究成果は遊離石灰の自動検出に寄与できるものと考えられる。



\*二値化画像においては、白色が遊離石灰を示す。

図6 遊離石灰検出画像の比較

表2 遊離石灰検出精度の比較

指標 \ 方法	検出精度の比較		
	大津の方法	決定木	決定木および最大エントロピー法
正解率	0.858	0.956	0.961
感度	0.902	0.923	0.952
適合率	0.470	0.774	0.788
F 値	0.618	0.842	0.862

## 引用文献

- 1) Abdel-Qader, L., Abudayyeh, O. and Kelly, M.E. (2003) : Analysis of edge-detection techniques for crack identification in bridges, *Journal of Computing in Civil*, 17(4), 255-263.
- 2) Beyeler, M. (2018) : OpenCV と Python による機械学習プログラミング, 池田聖, 浦西友樹, 中島悠太, 森尚平, 山添大丈, 山本豪志朗訳, マイナビ出版, 362-394.
- 3) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生 (2017) : ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, *土木学会論文集 F3 (土木情報学)*, 73(2), I\_297-I\_307.
- 4) 藤田悠介, 三谷芳弘, 浜本義彦 (2007) : 画像処理によるコンクリート表面のひび割れ抽出法, 非破壊検査, 56(7), 371-377.
- 5) 堀口賢一, 鈴木三馨, 本澤昌美, 坂本 淳 (2018) : 画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築, *コンクリート工学*, 56(1), 106-111.
- 6) 飯山将晃 (2015) : 使える!統計検定・機械学習Ⅳ-Random Forests を用いたパターン認識, *システム・制御・情報*, 59(2), 71-76.
- 7) Kapur, J.N., Sahoo, P.K. and Wong, A.K.C. (1985): A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer vision, graphics, and image processing*, 29(3), 273-285.
- 8) 国土交通省 (2019) (参照 2019.10.18) : 橋梁定期点検要領, 入手先<[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3\\_1\\_6.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3_1_6.pdf)>
- 9) Lee, B.Y. and Kim, Y.Y., Yi, S.T. and Kim, J.K. (2013) : Automated image processing technique for detecting and analysing concrete surface cracks, *Structure and Infrastructure Engineering*, 9(6), 567-577.
- 10) 野村泰稔, 村尾彩希, 阪口幸広, 古田 均 (2017) : 深層畳み込みニューラルネットワークに基づくコンクリート表面のひび割れ検出システム, *土木学会論文集 F6 (安全問題)*, 73(2), I\_189-I\_198.
- 11) 大津展之 (1980) : 判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法, *電子通信学会論文誌 D*, 63(4), 349-356.
- 12) Shimamoto, Y. and Suzuki, T. (2020) : Damage Evaluation of Heavily Cracked Concrete by Initial AE Energy Parameter, *Advanced Experimental Mechanics*, 5, 122-127.
- 13) 鈴木哲也 (2016) : 損傷指標による 87 年間供用された道路橋 RC 床版の材質評価, *農業農村工学会論文集*, 84(3), I\_317-I\_324.
- 14) 田畑佑, 党紀, 春田大二郎, Shrestha, A., 松永昭吾, 全邦釘 (2018) : UAV 撮影と深層学習を用いた橋梁損傷の自動検知に関する検証, *土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)*, 74(2), I\_62-I\_74.

# 49 kN 換算係数のコンクリート舗装設計への適応に関する検討

東京農業大学 松本 第佑, 竹内 康

キーワード：コンクリート舗装, 構造設計, 49 kN 換算係数

## 1. はじめに

コンクリート舗装は、アスファルト舗装と比べて耐久力が高く、施工後の維持管理にかかる負担が少ないというのが特徴である。一方、コンクリート舗装は初期建設費、補修性の面でアスファルト舗装と比較して不利となっている。そのため、我が国のコンクリート舗装は道路舗装全体のわずか 5 % 程度に過ぎない<sup>1)</sup>が、道路舗装の長寿命化の観点から、コンクリート舗装の積極的活用が期待されている。

コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて表層の剛性が高く、コンクリート版が板作用によって交通荷重を広範囲に路盤へと伝える構造となっている<sup>2)</sup>。そのため、構造設計においては版厚設計が重要視されている。アスファルト舗装は、理論的設計方法に必要な条件として交通量から求められる 49 kN 換算輪数がある。しかし、コンクリート舗装は、版として解析を行うため、コンクリート舗装版を通過する輪荷重分布や車輪走行位置などが必要であるが、これらは一般にデータ入手が難しい<sup>3)</sup>ため、設計図書の参考事例をそのまま使用するのが通例である。そのため、野田らはコンクリート舗装の理論的設計方法を簡便に行うことを目的に、49 kN 換算輪数と同様の標準荷重 49 kN への換算を行う  $W$ kN 換算係数 ( $W_x$ ) を提案し、これを用いて  $W$ kN 換算輪数 ( $N_{WkN}$ ) を算出し、疲労解析への適応性を検討している<sup>3)</sup>。

$$W_x = 0.0199 \exp\left(3.971 \times \frac{P_x}{49}\right) \quad (1)$$

$$N_{WkN} = W_x \times N_x \quad (2)$$

ここに、 $P_x$ ,  $x$ ,  $N_x$  は、輪荷重群毎の中央値、輪荷重の区分番号、 $P_x$  の作用輪数である。これは、限られた輪荷重の範囲で、版厚が 25 cm, 28 cm, 30 cm のときの  $W$ kN 換算係数から、ひとつの式を提案したものであり、過積載や版厚が 25 cm より小さい軽交通の場合を考慮していない。そのため、交通量が少ない  $N_4$  以下の道路では、設計範囲外の荷重が通過した場合のコンクリート舗装版のひび割れ等が課題となる可能性がある。したがって、各交通量区分の標準版厚毎の  $W_x$  を直接用いて  $W$ kN 換算輪数を算出することで、交通量区分に応じて精度の高い疲労解析を行うことが可能になると考えられる。

一方、国土交通省は、道路の保全ならびに適切な道路管理を図るために、大型車の実態を把握し、舗装構造の検討に必要な資料を作成することを目的とした車両重量調査を行っている<sup>4)</sup>。交通センサスと同様に目視による大型車交通量と機械による輪荷重群毎の通過輪数が調査項目であり、得られた輪荷重群毎の通過輪数は、アスファルト舗装の構造設計に使われる 49 kN 換算輪数としても開示されている。現行の版厚設計では輪荷重応力とその作用回数の算定において、車両重量調査の結果を用いてもよいとしている。

そこで本研究では、平成 25 年～30 年にかけて全国 80 カ所で実施された車両重量調査の結果を用い、野田らによって提案された  $W$ kN 換算係数の考え方に準じて、交通量区分に応じて求めた  $W$ kN 換算輪数を使用して、コンクリート舗装の版厚設計における疲労解析および構造設計への適応性について検討することを目的とする。

## 2. 車両重量調査結果を用いたコンクリート舗装版の疲労解析

現行の普通コンクリート舗装の版厚設計は、昭和 39 年に発表された岩間による研究成果<sup>5)</sup>に基づく

ものである。輪荷重応力と温度応力の合成応力を作用応力とし、Miner 則によって求めた設計期間中の疲労度  $FD$  が 1.0 を超えないように厚さを決める。舗装設計便覧<sup>6)</sup>によると、合成応力  $\sigma$  は以下の式(3)によって求められる。

$$\sigma = \sigma_{e(i,j)} + \sigma_t(\theta) \quad (3)$$

ここに、 $\sigma_{e(i,j)}$  は輪荷重  $P_i$  が走行位置  $j$  を通過した場合の輪荷重応力、 $\sigma_t(\theta)$  はコンクリート版上下面の温度差  $\theta$  による温度応力である。また、疲労度  $FD$  は式(4)によって算出される。

$$FD = \sum_{m=1}^n \frac{N_{\sigma(m)}}{N_{A(m)}} \quad (4)$$

ここに、 $n$  は設計期間内に作用する合成応力の数、 $N_{\sigma(m)}$  は  $m$  番目の合成応力の作用輪数、 $N_{A(m)}$  は  $m$  番目の合成応力とコンクリートの曲げ応力の関係から疲労曲線によって求められた許容輪数であり、 $N_{A(m)}$  は式(5)によって求められる。Miner 則では、 $FD=1.0$  となったときに疲労ひび割れが発生しているが、版厚設計では表-1 に示すような信頼度に応じた係数  $\gamma_R$  を  $FD$  に乗じて、 $FD \times \gamma_R \leq 1.0$  となるようにしている。

$$\begin{aligned} 1.0 \geq SL > 0.9 & \quad N_{A(m)} = 10^{(1.0-SL)/0.044} \\ 0.9 \geq SL > 0.8 & \quad N_{A(m)} = 10^{(1.077-SL)/0.077} \\ 0.8 \geq SL & \quad N_{A(m)} = 10^{(1.224-SL)/0.118} \end{aligned} \quad (5)$$

表-1 信頼度に応じた係数  $\gamma_R$

信頼度[%]	70	75	80	85	90
$\gamma_R$	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8

ここに、応力レベル  $SL$  は合成応力をコンクリートの曲げ応力で除したものである。また、設計期間内の合成応力の作用輪数  $N_{\sigma}$  は、次の式(6)で求められる。

$$N_{\sigma} = N_{\sigma e(i,j)} \times N_{\sigma t(\theta)} \times R_T \quad (6)$$

ここに、 $N_{\sigma e(i,j)}$  は設計期間内の輪荷重応力の作用輪数、 $N_{\sigma t(\theta)}$  は温度応力の作用輪数、 $R_T$  はコンクリート版上下面の温度差が正または負のときに走行する大型車交通量の比率であり、 $R_T$  は次の表-2 に示す値が与えられている。

表-2  $\theta > 0$  または  $\theta < 0$  のときの大型車交通量の比率  $R_T$

項目	$\theta > 0$	$\theta < 0$
都市部	0.70	0.30
郊外部	0.60	0.40

これは、日本道路公団（当時）の名神間交通量調査報告書から算出したもの<sup>5)</sup>で、半世紀以上前のデータに基づいたものである。そのため、竹内らはコンクリート舗装の構造設計の高度化を目指した研究において、全国各地で実施されたコンクリート版上下面の温度計測結果を用い、温度差が正負となる時間帯に通過する大型車交通量の比率について検討している<sup>7),8)</sup>。竹内らによると、版上下面の温度差が正負となる時間帯は車両重量調査の調査時間帯の昼夜区分である7時～19時、19時～翌7時に対応しており、 $R_T$  を用いずに12時間毎の輪荷重群を直接的に使用して疲労度を算出するのが最も計算精度が高いこと、 $R_T$  を用いる場合には大型車交通量ではなく、輪荷重の大きさを考慮した12時間毎の  $W$  kN 換算輪数の比を用いることが合理的であることを示した。しかし、竹内らの研究では  $W$  kN 換算輪数を直接的に用いた計算結果は示されていない。これは、式(1)の換算係数算出式が主に  $N_7$ 、 $N_6$  交通の版厚に対応したもので、全体的に精度の高い計算結果が得られなかったためである。

そこで本研究では、温度差が正負となる時間帯を7時～19時、19時～翌7時とし、これらの12時間毎に計測された輪荷重群ごとの通過輪数を直接的に用いて、 $W$  kN 換算輪数を算出するとともに  $W$  kN 換算輪数を用いた疲労解析を実施し、設計期間の疲労度を12時間毎に求め、その合計を設計期間全体の疲労度とした。そして、12時間毎の輪荷重群から直接的に算出した疲労度と比較し、 $W$  kN 換算輪数の適用性について検討することとした。

## 2.1 $W$ kN 換算係数 ( $W_x$ ) の検討

野田ら<sup>3)</sup>によって提案されている  $W$  kN 換算係数 ( $W_x$ ) は、以下のように定義されている。

$$W_x = \frac{N_{49}}{N_W} \quad (7)$$

ここに、 $N_{49}$ は標準輪荷重49 kN 繰返し載荷時の破壊回数、 $N_W$ は輪荷重  $W$  kN 繰返し載荷時の破壊回数である。野田らは、式(7)に基づき式(1)を提案しているが、版厚が25 cm、28 cm、30 cm のときの  $W_x$  からひとつの式を提案しているため、標準版厚が25 cm より小さい  $N_4$  以下の交通量区分に対応していない。そのため本研究では、舗装設計便覧に記載されている事例を基に、表-3に示す普通コンクリートの材料・構造条件で、各交通量区分 ( $N_7 \sim N_3$ ) 毎の標準版厚を用い、各輪荷重群 (4.9 kN～147 kN) を載荷した場合の許容輪数  $N_{A(m)}$  を式(5)より求め、 $N_{A(m)}$  を破壊回数として各輪荷重群毎に  $W_x$  を算出することとした。また、輪荷重群の代表値は舗装設計便覧にしたがい輪荷重の中央値を採用し、137.2 kN 以上の輪荷重の中央値は147 kN とした。

表-3 普通コンクリートの設計・構造条件

設計年数	20年
版厚	$N_7:30, N_6:28, N_5:25, N_4:20, N_3:15$ cm
コンクリート材料特性	弾性係数=28000 MPa, ポアソン比=0.2 線膨張係数= $10 \times 10^{-6}$ (1/°C) 曲げ応力=4.4 MPa
$K_{75}$	$N_7 \sim N_5:100$ MPa/m, $N_{4,3}:70$ MPa/m
信頼度	70% ( $\gamma_R=1.0$ )
想定地域	温度差の小さい地域
疲労曲線	実績式 (土木研究所式)
目地間隔	10 m ( $FD > 1.0$ の場合は5 m)
路線	$N_4$ 以外は片側2車線, 路肩有り

以上を踏まえ、版厚毎に算出した  $W_x$  と輪荷重の関係を図-1に示す。図-1より、標準荷重49 kN 付近の  $W_x$  は各交通量区分でほぼ同様の値を示すが、離れるにつれて差が大きくなり、版厚15 cm では他の版厚との  $W_x$  の差がひときわ大きくなっていることがわかる。

式(5)に示したように、実績式の疲労曲線から求まる許容輪数は、 $\log N = (a - SL) / b$  となることから、式(7)の  $W_x$  は以下のように変換できる<sup>9)</sup>。

$$\log W_x = \log \frac{N_{49}}{N_W} = \log \frac{10^{\frac{a - SL_{49}}{b}}}{10^{\frac{a - SL_W}{b}}} = \frac{a - SL_{49}}{b} - \frac{a - SL_W}{b} = \frac{SL_W - SL_{49}}{b} \quad (8)$$

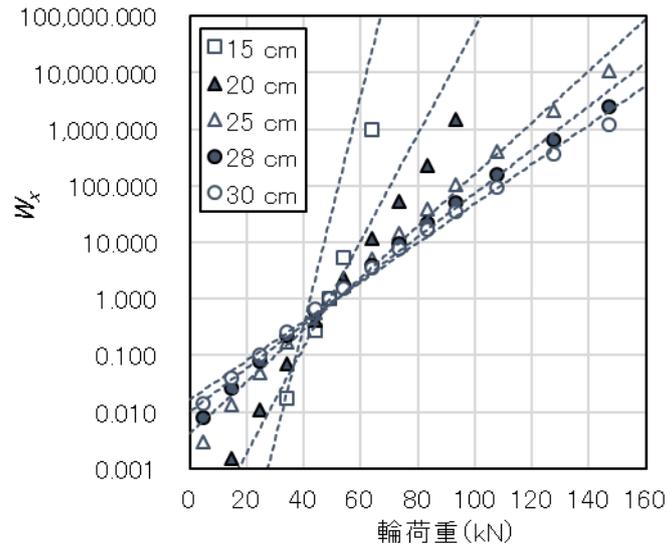


図-1 許容輪数より算出した  $W_{kN}$  換算係数

式(8)より、 $W_x$ は応力レベル  $SL$  の影響を強く受けていることがわかる。コンクリート版に作用する応力レベルは、式(3)に示したように輪荷重応力と温度応力の合成応力から求まり、温度応力は最大で輪荷重応力と同等となる。そのため、図-1の結果は、版厚が薄くなるにつれて温度応力の影響を敏感に受けたためであると考えられる。この結果より、野田らが求めた式(1)は、版厚が薄い場合において、49 kN より小さい荷重に対しては過少、49 kN より大きい荷重に対しては過大な  $W_x$  を与えることがわかる。したがって本研究では、表-4に示すように式(1)によらず図-1の版厚毎の、輪荷重と  $W_x$ の結果を直接的に使用し、車両重量調査結果の輪荷重群毎の作用輪数から  $W_{kN}$  換算輪数を算出することとした。

表-4 交通量区分毎の  $SL$  と  $W_x$

$P_x$ (kN)	$N_7$		$N_6$		$N_5$		$N_4$		$N_3$	
	$SL$	$W_x$	$SL$	$W_x$	$SL$	$W_x$	$SL$	$W_x$	$SL$	$W_x$
4.9	0.028	0.014	0.031	0.008	0.037	0.003	0.056	$0.2 \times 10^{-4}$	0.089	$0.2 \times 10^{-6}$
14.7	0.081	0.039	0.090	0.026	0.109	0.013	0.163	0.002	0.258	$4.4 \times 10^{-6}$
24.5	0.131	0.104	0.147	0.079	0.177	0.049	0.265	0.011	0.416	0.001
34.3	0.179	0.265	0.201	0.227	0.241	0.169	0.361	0.072	0.565	0.018
44.1	0.225	0.651	0.252	0.614	0.302	0.557	0.452	0.424	0.705	0.271
53.9	0.269	1.536	0.301	1.597	0.360	1.727	0.539	2.314	0.838	5.329
63.7	0.311	3.486	0.348	3.997	0.416	5.151	0.621	11.46	0.963	976.3
73.5	0.352	7.759	0.393	9.617	0.469	14.49	0.700	53.56	1.081	$4.7 \times 10^5$
83.3	0.391	16.61	0.436	22.26	0.520	39.19	0.775	231.4	1.193	$1.7 \times 10^8$
93.1	0.428	34.19	0.477	49.54	0.569	102.0	0.847	1522	1.299	$4.2 \times 10^{10}$
107.8	0.481	96.17	0.536	156.7	0.639	399.7	0.949	$1.0 \times 10^5$	1.447	$9.8 \times 10^{13}$
127.4	0.548	355.5	0.610	663.8	0.725	2141	1.075	$7.5 \times 10^7$	1.629	$1.3 \times 10^{18}$
147.0	0.611	1216	0.679	2551	0.805	$1.1 \times 10^4$	1.192	$3.4 \times 10^{10}$	1.792	$6.8 \times 10^{21}$

## 2.2 $W_{kN}$ 換算輪数 ( $N_{W_{kN}}$ ) を用いた疲労解析結果

本研究では、各地方整備局が実施した車両重量調査結果の直近5年間（平成25年～30年）の平均値を用いた。また、大型車交通量より表-5に示すように全80箇所の計測路線の交通量区分を設定し、

それぞれの交通区分毎に表-4 に示した  $W_x$  を用いて  $W$ kN 換算輪数 ( $N_{WkN}$ ) を算出し、疲労解析を行った。

疲労度の算出にあたっては、上述したように温度差が正負となる時間帯（7時～19時，19時～翌7時）の12時間毎に設計期間に応じた疲労度を算出し、各々の和を設計期間全体の疲労度とした。このようにして求めた疲労度を  $FD_{12\_ESWL}$  とした。 $FD$  は疲労度を表しており、添え字の12は12時間毎の解析，ESWLは換算輪数を表す Equivalent Standard WheelLoad の頭字語である。また、疲労解析を行うにあたり、車両重量調査で計測された各輪荷重の中央値を輪荷重群の代表値とした。

また、 $FD_{12\_ESWL}$  の計算精度を確認するために、上述したように12時間毎の輪荷重を直接的に使用して求めた疲労度  $FD_{12}$  と比較検討した。その結果を図-2 に示す。

表-5 車両重量調査の実施状況

所管	交通量区分別計測箇所数				計
	N <sub>7</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>4,3</sub>	
北海道開発局	—	2	4	—	6
東北地方整備局	—	6	2	—	8
関東地方整備局	7	1	—	—	8
北陸地方整備局	—	5	2	1	8
中部地方整備局	5	3	1	—	9
近畿地方整備局	3	2	—	—	5
中国地方整備局	7	1	3	2	13
四国地方整備局	—	3	7	—	10
九州地方整備局	2	7	2	2	13
計	24	30	21	5	80

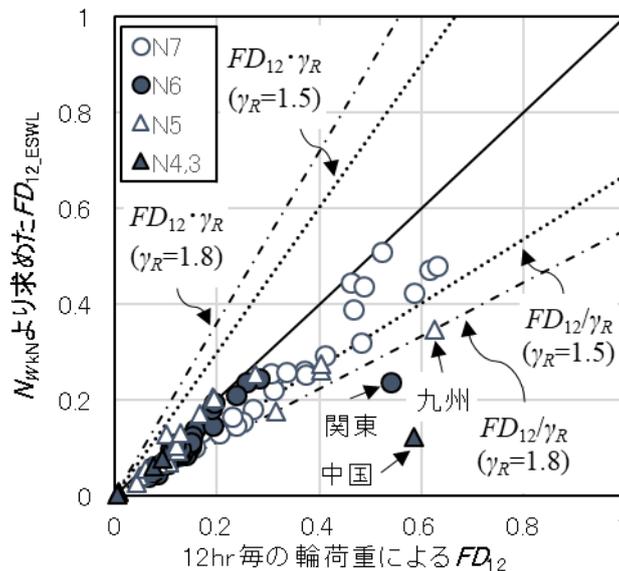


図-2  $N_{WkN}$  を用いた疲労解析結果

図-2 には 1:1 線を表す実線に加えて、 $FD_{12}$  に対して  $FD_{12\_ESWL}$  がどの程度乖離しているかを表す目安として  $\gamma_R$  倍， $1/\gamma_R$  倍（図中は  $\gamma_R=1.5, 1.8$ ）の範囲を示す破線を記した。

なお、一部  $N_5$  交通において標準版厚 25 cm で疲労解析を行ったところ、設計条件を変更しても  $FD \leq 1.0$  を満足しなかったため、版厚を 28 cm として再計算した。また、標準版厚 15 cm である  $N_3$  交通

においては、予備検討において他の設計条件を変更しても、 $FD \leq 1.0$  にならなかったため、版厚を 20 cm として再計算した。いずれの場合も、版厚の変更にあわせて交通量区分を  $N_5$  から  $N_6$ 、 $N_3$  から  $N_4$  へと更新して疲労度を算出した。

図-2 からわかるように、 $FD_{12\_ESWL}$  が  $FD_{12}$  に比べて全体的に低く見積もられている。また、 $N_6$  から  $N_4$  の一部で  $FD_{12\_ESWL}$  の値が目立って乖離した箇所があった。これらの乖離の著しい 3 箇所の 12 時間毎の輪荷重の作用頻度および  $W$  kN 換算輪数、疲労度を表-6 に示す。これら 3 箇所は他の調査箇所と比べて過大な輪荷重が作用しており、それらの過大な輪荷重の影響によって、 $W$  kN 換算係数が  $N_{WKN}$  を正確に換算していないことで疲労度が低く見積もられたと考えられる。そこで、この 3 箇所において、他の調査箇所と比べて過大な輪荷重の作用輪数を除いた場合の疲労度を再計算した結果をそれぞれの疲労度の下段に括弧書きで示した。具体的には、関東の  $N_6$  交通では、 $\theta > 0$  における 147 kN の輪荷重 1 回、九州の  $N_5$  交通では、 $\theta > 0$  における 107.8 kN の輪荷重 2 回、中国の  $N_4$  交通では、 $\theta > 0$  における 73.5 kN の輪荷重 1 回を 0 回にし、それぞれ  $FD_{12}$  と  $FD_{12\_ESWL}$  を再計算した。その結果、いずれの箇所においても、過大な輪荷重を除いた場合の疲労度を比較すると正確な疲労度が算出されていることがわかる。そのため、過大な輪荷重の影響によって、 $W_x$  が  $N_{WKN}$  を実際よりも小さく評価することで、 $FD_{12\_ESWL}$  が  $FD_{12}$  よりも著しく低い値になったと考えられる。したがって、過大な輪荷重が存在する場合には、今後  $W_x$  もしくは  $N_{WKN}$  に対して何らかの補正及び検討を行う必要があると考えられるため、今後の研究の課題としたい。

表-6 3 地点における輪荷重群の作用頻度と疲労度

輪荷重 (kN)	関東(N6)		九州(N5)		中国(N4)	
	$\theta > 0$	$\theta < 0$	$\theta > 0$	$\theta < 0$	$\theta > 0$	$\theta < 0$
4.9	4094	1655	2433	457	812	159
14.7	982	372	672	122	265	25
24.5	492	363	529	112	100	14
34.3	179	218	337	82	36	8
44.1	89	93	183	35	13	3
53.9	18	32	111	28	7	1
63.7	5	5	14	5	1	0
73.5	3	2	4	1	1	0
83.3	2	0	0	2	0	0
93.1	1	0	0	1	0	0
107.8	1	1	2	1	0	0
127.4	0	0	0	0	0	0
147	1	0	0	0	0	0
$N_{WKN}$	3094.16	408.5	1330.52	715.20	91.04	4.38
$FD_{12}$ (再計算 $FD_{12}$ )	0.540 (0.052)		0.626 (0.157)		0.585 (0.060)	
$FD_{12\_ESWL}$ (再計算 $FD_{12\_ESWL}$ )	0.237 (0.042)		0.345 (0.141)		0.122 (0.050)	

ただし、これらの低く見積もられた  $FD$  は、現行の版厚設計では、設計時の信頼度を 85~90% ( $\gamma_R=1.5 \sim 1.8$ ) とすれば、 $FD_{12\_ESWL}$  を  $FD_{12}$  の値に近づけることが可能である。

以上の結果より、車両重量調査の結果をコンクリート舗装の版厚設計に適応する場合には、交通区分毎の標準版厚に応じた  $W$  kN 換算係数を直接的に用いることで、より精度の高い疲労解析を行うことができると考えられるが、全体的に疲労度が低く見積もられること、過大な輪荷重が存在すると正

確かに  $N_{WkN}$  へと換算されないことから、 $W_x$  を用いたコンクリート舗装の構造設計への適応性については今後の課題としたい。

### 2.3 大型車交通量と $WkN$ 換算輪数 ( $N_{WkN}$ ) との関係に関する検討

これまでの結果より、コンクリート舗装の版厚設計を行う場合、各交通量区分に応じた  $WkN$  換算輪数を用いて疲労度を算出できることがわかる。しかし、車両重量調査が行われていない箇所においては、 $N_{WkN}$  によって疲労解析を行うことが難しい。そのため、昼夜間の大型車交通量と  $N_{WkN}$  の関係から簡易的に疲労解析を行った場合の計算精度について検討した。具体的には、**図-3** に示すように車両重量調査結果の昼夜間別の大型車交通量と **図-1** の  $W_x$  によって求めた  $N_{WkN}$  との回帰式から、昼夜間別 12 時間毎の  $WkN$  換算輪数を算出し、疲労解析を行った。その結果を **図-4** に示す。

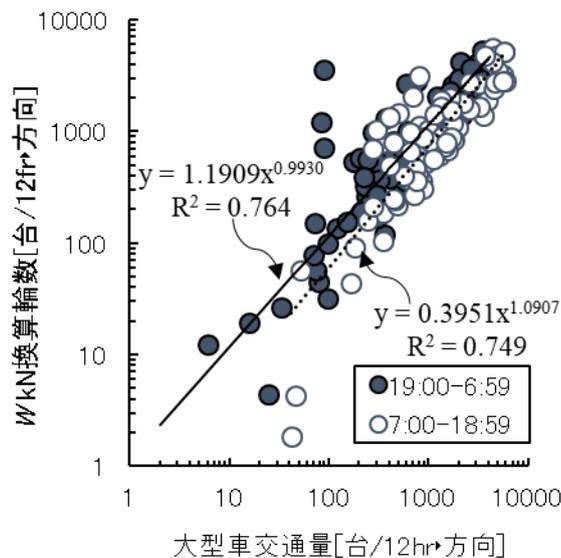


図-3 大型車交通量と  $WkN$  換算輪数の関係

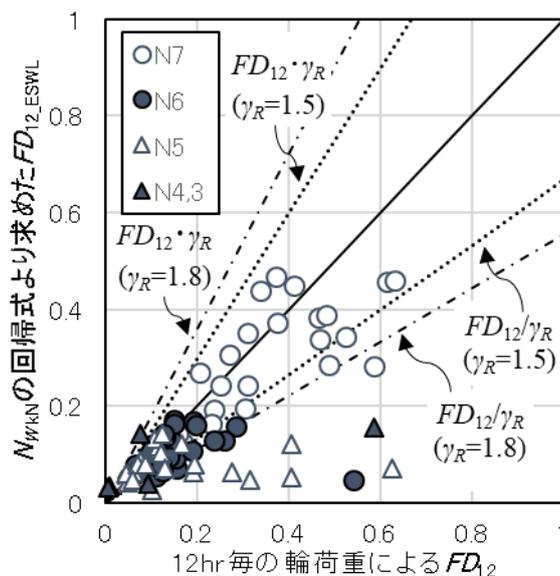


図-4 図-3 から求めた  $N_{WkN}$  を用いた計算結果

図-4 からわかるように、 $N_7$ 、 $N_6$  交通に関してはややばらつきがあるものの、 $FD_{12}$  と同程度の疲労度を算出することが可能であることがわかる。しかし、**図-2** で過大な輪荷重の存在していた 3 箇所に加えて  $N_5$  交通以下の軽交通において、1:1 線より著しく乖離している箇所が多い。これらの原因とし

て、大型車の区別にかかわらず全ての大型車交通量によって  $N_{7kN}$  との回帰式を算出したことが理由であると考えられる。車両重量調査では、軸数による大型車の区分がなされていたが、調査箇所によって一部の記録が不明な箇所も多く見られたことから、軸数を問わず全ての大型車交通量を用いて疲労度を算出した。そのため、今後より詳細に車輪の軸数や大型車の最大積載量による区分などを定義し、調査を行う必要があると考えられ、それらを用いた疲労解析によって求めた疲労度がどの程度の計算精度となるかの検討が必要のため、今後の研究の課題としたい。

### 3. まとめ

本研究では、国土交通省が実施した車両重量調査の結果を用い、 $W$  kN 換算係数を直接用いる疲労解析の計算精度およびコンクリート舗装の版厚設計への適応性について検討した。本研究で得られた知見をまとめると以下の通りである。

- (1) 各交通量区分の標準版厚毎に、49 kN を基準とした換算係数である  $W$  kN 換算係数を舗装設計便覧にしたがい算出した結果、49 kN 付近ではいずれの交通量区分でも同様の値を示すが、離れるにしたがって差が大きくなっていった。また、版厚 15 cm の  $N_3$  交通においては、輪荷重に対して温度応力による影響を強く受けるため、疲労解析では適応できなかった。
- (2) 車両重量調査の結果をもとに、 $W$  kN 換算係数を用いて算出した疲労度  $FD_{12\_ESWL}$  と 12 時間毎の輪荷重を直接的に用いて算出した疲労度  $FD_{12}$  を比較した結果、 $FD_{12\_ESWL}$  のほうが全体的に小さい値を示した。軽交通の箇所においても  $W$  kN 換算係数を用いて疲労度を算出することは可能であるが、過大な輪荷重が作用する箇所では、 $W_x$  を用いた疲労解析及びコンクリート舗装の版厚設計への適応については今後の課題としたい。
- (3) 車両重量調査の行われていない箇所において、大型車交通量を用いて簡易的に疲労度を算出した結果、 $N_7$ 、 $N_6$  交通においては、大まかな疲労度を算出できたが、 $N_5$  交通以下においては、疲労度のばらつきが大きいため、コンクリート舗装の構造設計への適応性は得られなかった。そのため、大型車交通量区分の細分化などの検討が必要である。

### 参考文献

- 1) 小梁川雅(2009)：コンクリート舗装の復権，コンクリート舗装 新時代(2011)，セメント協会編，pp.1～3
- 2) 笠原篤，佐藤良一，八谷好高(1996)：コンクリート舗装の設計法の現状，コンクリート工学，Vol.34，No.12，pp.3～8
- 3) 野田悦郎，田井文夫(2014)：コンクリート舗装の理論的設計法に関する検討，舗装，49-3，pp.23～28
- 4) 土木研究所(1988)：車両重量調査 調査実施要項，土木研究所，pp.1～6
- 5) 岩間滋(1964)：コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究，土木学会論文集，No.111，pp.16～46
- 6) 日本道路協会(2006)：舗装設計便覧，日本道路協会，pp.166～193
- 7) 竹内康，西澤辰男，川名太，桑原正明，小梁川雅(2020)：車両重量調査結果のコンクリート舗装設計への適応に関する検討，土木学会論文集 E1 (舗装工学)，Vol.76，No.2，pp.I\_21～I\_28
- 8) 土木研究所，セメント協会，東京農業大学，石川工業高等専門学校(2012)：コンクリート舗装の構造設計の高度化に関する研究共同研究報告書，土木研究所
- 9) 舗装委員会 舗装設計施工小委員会(2016)：コンクリート舗装ガイドブック 2016，日本道路協会，pp.53～54

# 技術報文

# ほ場内農道舗装の路面損傷に応じた適切な維持管理について

鹿島道路（株）技術研究所 尾崎 風香  
 " 五伝木 一  
 " 芳賀 潤一

キーワード：ほ場内農道，舗装，ストックマネジメント，維持管理，補修材料

## 1. はじめに

2019年8月現在，我が国の農道の総延長距離は17万kmを超えるストックを有し，そのうちアスファルト舗装またはコンクリート舗装の割合は36.4%を占める<sup>1)</sup>。これらの舗装は，構築後に雨水や紫外線などの自然環境に曝されながら，車両走行による交通荷重を繰返し受け，損傷が進行していくものである。路面の損傷は乗り心地や走行安全性を損ねるだけでなく，農産物の荷傷みなどの要因となる。舗装の維持管理においては，舗装の要求性能，性能低下および予算に合わせ，舗装の長寿命化やライフサイクルコストを考慮した適時適切な措置が肝要である（図-1）<sup>2)</sup>。

本報では，アスファルト舗装に関する維持管理の重要性について触れたのち，舗装の路面損傷に適した補修材料および工法について，いくつかの具体例を示す。

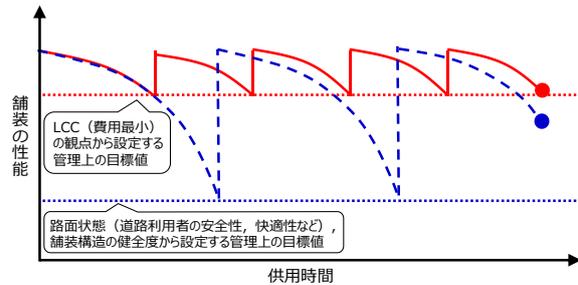


図-1 管理上の目標値の設定の概念

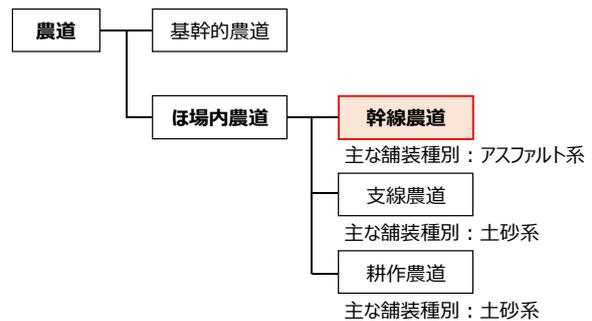


図-2 農道の分類と想定される主な舗装種別

## 2. ほ場内農道舗装の維持管理の考え方

農道はその主たる機能や配置によって図-2のように分類されており，本報は，幹線農道を主に構成するアスファルト舗装を対象として述べる。

### 2.1 舗装に求められる機能

舗装は表-1に示すような機能が求められ，これを限られた財源の中で維持することが肝要である。ここで，一般にアスファルト舗装は図-3に示すように層構造を成しているが，ほ場内農道のように軽交通で交通荷重が小さい道路では，基層や路盤を簡略化した舗装とする場合も多い<sup>3)</sup>。

薄い表層の直下に路盤がある場合，路面の損傷が進行して雨水が浸入すると，路盤以下の層に損傷が及び，舗装全体の打換え措置が必要となることから，ライフサイクルコスト（LCC）の増大につながる事となる。これを避けるためにも，表層の損傷が軽微なうちに適切な工法により封かんの措置を行い，路盤以下を保護することは，舗装の長寿命化の観点から重要な対応であるといえる。

表-1 舗装に求められる機能の一例

舗装の機能	舗装の要求性能
安全な交通の確保	すべらないこと
	わだちがないこと
	骨材が飛散していないこと
円滑な交通の確保	平坦なであること
快適な交通の確保	水が溜まらないこと
環境の保全と改善	騒音・振動が小さいこと

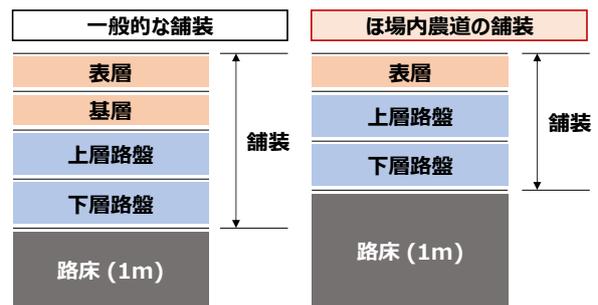


図-3 アスファルト舗装断面の構成例

## 2.2 アスファルト舗装の主な路面損傷と対策

アスファルト舗装に生じる主な路面損傷（路床・路盤が原因の損傷を除く）と想定される事態、補修工法の一例を表-2に示す。損傷を発見した場合、国土交通省が定める舗装点検要領に基づく舗装の長寿命化の観点では、損傷の状態、路線の供用年数などを鑑み、措置を行うことになる。また、角欠けによる段差やポットホールのような突発的な損傷は、当該路線の舗装の寿命を縮めるだけでなく、走行安全性の著しい低下による交通事故の発生、騒音や振動の発生、荷傷みや損傷範囲伸展の原因にもなるため、緊急補修が必要とされる<sup>4)</sup>。

表-2 アスファルト舗装の主な路面損傷と想定される事態、補修工法の例

主な路面損傷	損傷により想定される事態	補修の時期	補修工法の例
ひび割れ	安全な走行の欠如、損傷の伸展、舗装の脆弱化	損傷の規模や供用年数、使用目標年数を鑑みて判断	【局部的・軽微】 パッチング、段差すり付け 【広範囲・甚大】 薄層オーバーレイなど
わだち掘れ	安全な走行の欠如、快適な走行の欠如		
平坦性の低下	荷傷み、快適な走行の欠如		
段差	荷傷み、安全な走行の欠如、騒音の発生	安全性に関与するため、直ちに対応	
ポットホール	荷傷み、交通事故、損傷の伸展、騒音の発生		

## 3. ほ場内農道舗装の補修材料・維持工法

前述のアスファルト舗装に求められる性能を踏まえ、筆者らが開発した、具体的に適用可能かつ要求性能に対して望ましいと思われる補修工法について、適用事例などを交えて以下に紹介する。

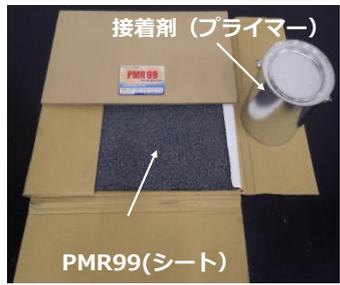
### 3.1 局所的なひび割れの補修に対応可能な貼付けマット型ひび割れ補修材「PMR99」

舗装の長寿命化を図る上で、予防保全の観点から、損傷が比較的小さい初期段階での応急処置を繰り返して延命化し、トータルでの維持管理費を削減するという考え方がある。一般に、ひび割れやポットホールの補修は加熱型シール材や常温合材などを用いた工法が適用されているが、これらの工法は加熱や施工に専用機械や手間が必要で、交通開放までに時間がかかるといった欠点がある。また、供用早期に飛散しやすく、雨水が浸入しやすいために路盤以下の損傷などが懸念される。それらを払拭するために開発した「PMR99」は、簡便な作業でひび割れやポットホール補修箇所を封かんし、材料の飛散や雨水の浸入の防止を目的とした、貼付けマット型の補修材である。

#### (1) PMR99の特長

PMR99の概要を表-3に示す。本補修材は、持ち運びや施工が簡便、貼り付けるだけで即時交通開放が可能で、補修後は交通車両の輪荷重によりシートのアスファルト分がひび割れ部に圧入され、舗装と一体化して雨水の浸入やひび割れの伸展を防ぐ機構となっている。また、路上での作業時間が短いため作業員の安全確保や交通規制時間の短縮にも寄与できる。なお、本工法は応急処置が目的のものであるため措置後に本復旧することになるが、その際はAs廃材と共にリサイクルできるのも特徴のひとつである<sup>5)</sup>。

表-3 PMR99の概要

項目	内容
一般名称	貼付けマット型ひび割れ補修材
商品名称	PMR99 (Paste Mat Repair Quick)
適用範囲	・小規模、狭小部のひび割れ補修 ・軽微な損傷の応急処置
特長	・路面に貼り付けるだけで補修完了 ・即時交通開放が可能 ・ひび割れ伸展を防止 ・廃材は舗装材と共にリサイクル可能
施工実績	5500m <sup>2</sup> 以上（2013年～）
外観	
内容物	シート：1枚 50×50cm、厚さ 5mm 接着剤：2.5L/缶（5m <sup>2</sup> 分） 1箱：シート4枚=1m <sup>2</sup> 、総重量 10.4kg
構成	 補強用砕石 PMR99（シート） 超高粘度アスファルト混合物 〔断面構造〕

## (2) PMR99 の用途例と作業手順

PMR99 の用途例を写真-1 に示す。路面のひび割れを覆うように貼り付けることでひび割れからの雨水の浸入を防ぐこと、ポットホール補修後に封かんすることで雨水の浸入抑制に加え、穴埋め材料の飛散を防ぐことができる。なお、舗装面の沈下や滞水、重度のひび割れ、貼付け後にタイヤの据え切りを繰り返す箇所は適用が難しいため、別の工法を検討する必要がある。

次に、作業手順を写真-2 に示す。補修前に貼付け箇所を確認し、脆弱部は可能な限り取り除いて穴は事前に補修材などで埋め、土埃などの汚れは PMR99 の付着力低下につながるため必ず清掃する。接着剤は同梱されている手袋と刷毛を用いて約 0.5 L/m<sup>2</sup> の塗布量で塗る。貼付け後はハンマーなどで全面をたたき、圧着する。このとき、プレートや車両のタイヤによる転圧も有効である。補修後の養生は不要で、即座に交通開放してよい。交通車両の輪荷重により徐々に既設路面にマットが馴染み、変形性および柔軟性、破断抵抗性を発揮して路面と一体化することでひび割れの伸展を防止する。なお、接着剤の塗布を省略した、シートタイプの貼付け型補修材「PMR99+」も開発済みである。

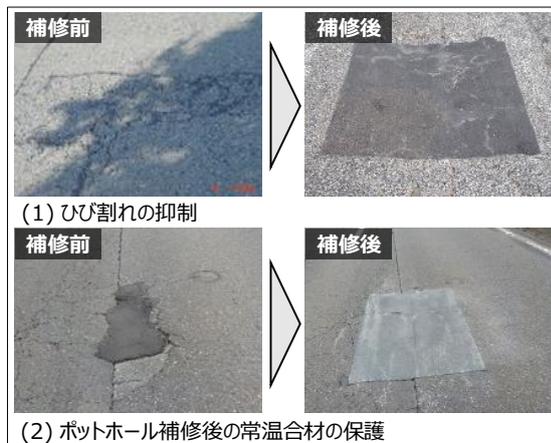


写真-1 PMR99 の用途例

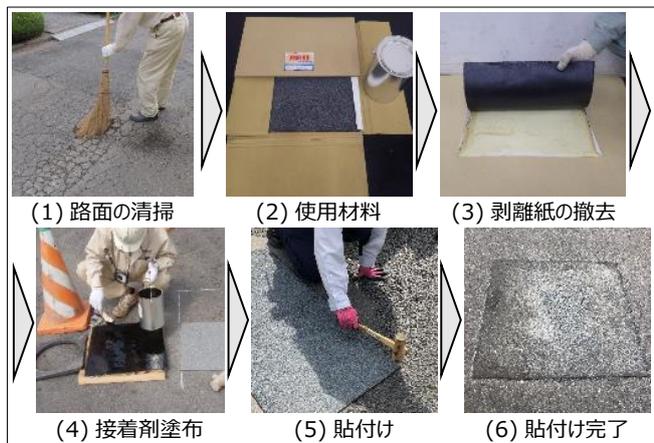


写真-2 PMR99 の作業手順

## (3) PMR99 の耐久性試験結果

PMR99 のひび割れ保護機能およびポットホール保護機能を確認するため、表-4 に示す条件にて損傷を模擬した供試体を作製し、降雨による滞水と車輪走行の影響下での耐久性を確認した<sup>6) 7)</sup>。

表-4 PMR99 の耐久性試験の条件

評価項目	ひび割れ保護機能	ポットホール保護機能
供試体概要	模擬ひび割れ供試体 	模擬ポットホール供試体 PMR99 (有・無) 
走行条件*	輪荷重：686N，走行速度：42回/分， トラバース走行，走行時間：6時間	
水浸条件	水位：供試体表面，水温：30℃， 養生時間：走行前1時間	
試験項目	建研式引張試験	目視観察

※舗装調査・試験法便覧「B004 水浸 WT 試験」に準拠

模擬ひび割れ供試体による走行試験の結果、ひび割れの有無、方向にかかわらず PMR99 の剥がれは認められず、走行荷重によりひび割れと一体化して十分な付着強度を有していることが確認できた。走行後の引張強度は図-4 に示すとおりである。

模擬ポットホール供試体による走行試験の状況を写真-3 に示す。常温合材のみで補修した供試体は、走行と水の影響から早期に常温合材が緩んで再破損したが、常温合材と PMR99 を複合した場合は 80 分後も常温合材を保護し、健全であった。

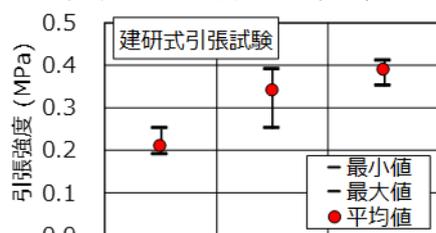


図-4 走行試験後の引張試験結果

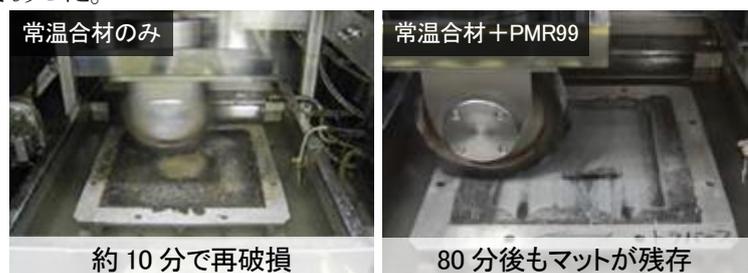


写真-3 模擬ポットホール供試体の試験状況

### 3.2 穴埋め・段差修正に適用可能な高耐久性常温硬化型補修材「ハイパークールパッチ」

穴埋めや段差修正の補修をパッチング工法といい、種々の材料が開発されており、予算や施工条件に応じて材料を使い分けがなされている。主な材料とその特性を表-5に示す。それぞれに一長一短があり、材料の最大粒径や流動性によって、施工厚さなどの制限もある。そこで、筆者らは、様々な損傷に対応可能な高耐久性補修材「ハイパークールパッチ」(以下、HCP という)を開発した。

#### (1) ハイパークールパッチの特長

HCP の概要を表-6に示す。最大粒径 1.2mm の砂を主とした骨材とポリマーを含む混合液からなるモルタルタイプの常温硬化型補修材であり、穴埋めから段差すり付けまで幅広く適用可能なことが特長である。特別な機械は不要で、材料と仕上げ道具のみで簡便に補修できる。施工時の材料は流動性があり転圧が不要であるため、作業による仕上がり品質のばらつきが生じにくい。また、粉体と液体を合わせた1袋が5kg未満であるため、取扱いが簡単で、持ち運びや補修が容易である<sup>8)</sup>。

#### (2) ハイパークールパッチの用途例と作業手順

HCP の用途例を写真-4に示す。主な適用箇所は、ポットホールの穴埋めや段差すり付けなどである。なお、舗装面の沈下や重度のひび割れが生じている箇所、常に水が溜まる箇所、施工規模が4Lを超えるような箇所には適用が難しいため、別の工法を検討する必要がある。

HCP の作業手順を写真-5に示す。補修箇所に土埃や脆弱部が残っていると付着の低下や再破損の原因となるため、補修前に必ず脆弱部を撤去し路面の清掃を行う。周囲の養生を行った後、本材料の粉体に液体を投入し30~60秒程度振り混ぜ、補修箇所に流し込み、コテなどで仕上げる。材料の特性上、低温環境下では硬化が遅くなるものの、5℃以上で30分以内に交通開放が可能である。硬化に伴って材料の色が濃紺から黒に変化するため、指触と併せて交通開放判断の目安にもなる。

表-5 パッチングの主な材料と特性

材料の種類別		施工性	価格	所要時間	強度	
加熱混合式	加熱 As 混合物	×	○	×	○	
常温混合式	常温 As 混合物	○	◎	◎	×	
	常温硬化型	樹脂系	△	△	△	◎
		乳剤系	○	○	△	△
	本材料	◎	○	○	◎	

表-6 ハイパークールパッチの概要

項目	内容
一般名称	高耐久性常温硬化型補修材
商品名称	ハイパークールパッチ
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 段差すり付け</li> <li>・ 路面修正</li> <li>・ 容積 4L 以下の穴埋め</li> </ul>
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 穴埋めから段差すり付けまで適用可</li> <li>・ 一人作業、施工機械不要</li> <li>・ 補修後 30 分程度で交通開放可能</li> <li>・ 硬化後に高強度とたわみを併せ持つ</li> </ul>
施工実績	約 1000 箱 (2019 年~)
外観	
内容物	液体+粉体 1 セット約 2L × 4 セット 総重量 19kg, 施工可能容積 約 8L

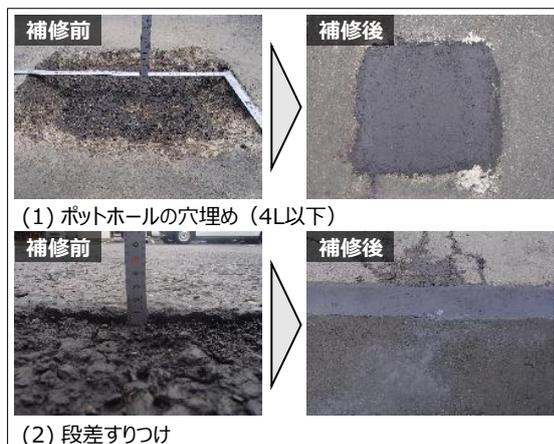


写真-4 ハイパークールパッチの用途例

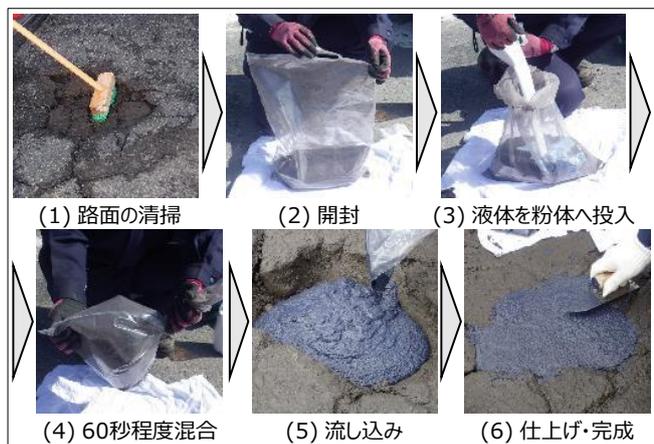


写真-5 ハイパークールパッチの作業手順

### (3) ハイパークールパッチの耐久性試験結果

補修後に硬化した材料が高温時の基盤 As のたわみに追従できるか、タイヤの走行やチェーンの衝撃によって摩耗・剥脱しないかを、表-7 に示す条件で試験を実施し、耐久性を評価した<sup>9)</sup>。

タイヤ走行試験の結果を写真-6 に示す。6 時間走行後、従来の As 系常温合材は輪荷重により材料が寄り、わだち掘れが発生したのに対し、HCP は変形やひび割れがなく健全な状態であった。

チェーンラベリング試験の結果を写真-7 に示す。HCP は常温合材に比べ摩耗抵抗性が高く、チェーンの衝撃が加わっても摩耗や剥脱をしないことが確認できた。

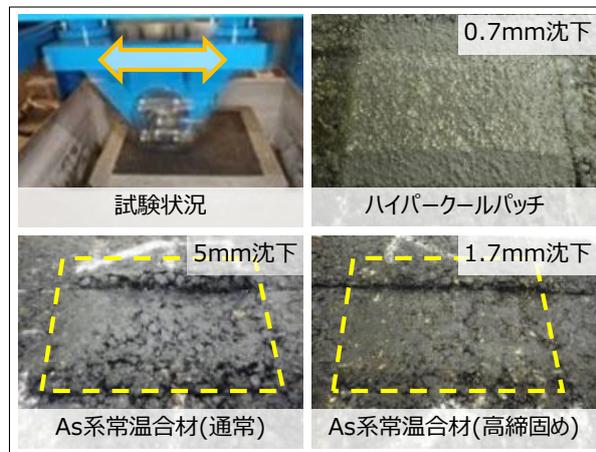


写真-6 タイヤ走行試験の結果

表-7 ハイパークールパッチの耐久性試験の条件

評価項目	高温時たわみ追従性	摩耗抵抗性
供試体概要		
試験条件	◆タイヤ走行試験 材齢：30分 試験温度：45°C 輪荷重：686N 走行速度：42回/分 トラッキング走行 輪数：12600輪	◆チェーンラベリング試験 材齢：30分 試験温度：-10°C サイドチェーン 車輪回転：200回/分 供試体：66往復/分
母体混合物	配合：密粒度，使用 As：ポリマ改質II型	
試験項目	変位量，目視観察	すり減り量 (cm <sup>2</sup> )

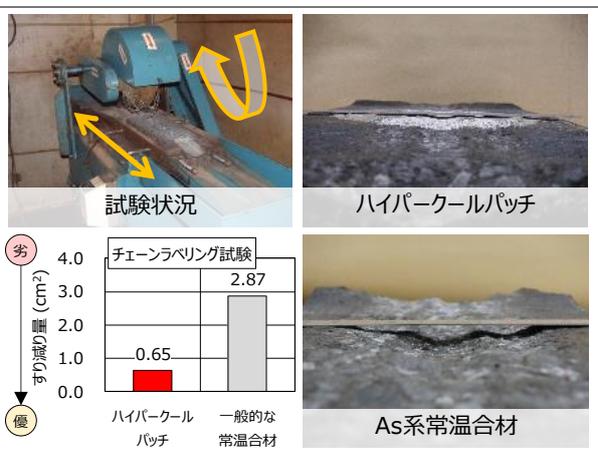


写真-7 チェーンラベリング試験の結果

### 3.2 ひび割れ，路面凹凸の除去が可能な簡易式路上表層再生工法「ヒートスティック工法」

路上表層再生工法は，As 舗装の既設表層を再資源化して活用しながら原位置で新たな表層を施工する，維持工法のひとつである。従来の路上表層再生工法は専用の機械が必須で編成が長くなることから，既設路面の加熱と掻きほぐしを一車両に集約した，簡易式路上表層再生工法「ヒートスティック工法」(以下，HS 工法という)を開発した。

#### (1) ヒートスティック工法の概要

機械編成の比較を図-5 に示す。編成の簡素化により，市街地や農道への適用も容易となった。また，本工法はヒータ車での既設舗装の加熱によりオーバーレイ混合物との一体化を図るだけでなく，既設舗装を掻きほぐしていることで，既設舗装のひび割れによるリフレクションクラックの抑制にもつながっている(写真-8，図-6)。また，路面凹凸やパッチング跡も解消でき，走行安全性・乗り心地・美観性も改善されるとともに，舗装発生材の抑制にも寄与できる<sup>10)</sup>。

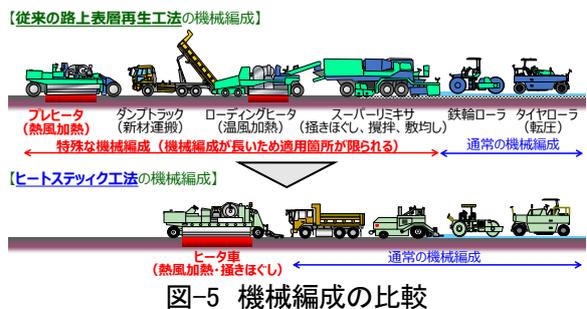


図-5 機械編成の比較



写真-8 加熱および掻きほぐしの状況

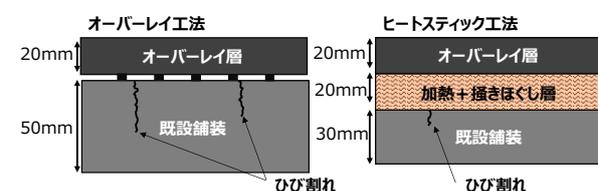
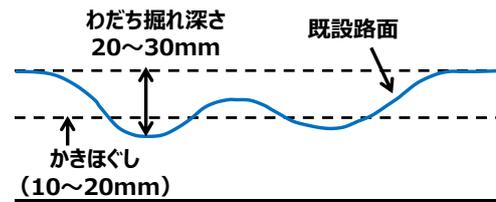


図-6 既設舗装上にオーバーレイする場合の一例

## (2) ヒートスティック工法の適用条件

本工法は維持工法であるため、基本的に既設舗装が構造的に損傷していないことが前提である。適用の目安はひび割れ率 20%程度以下、わだち掘れ量 30mm 程度以下、交通量区分 N<sub>5</sub>以下を推奨している。なお、既設舗装のわだち掘れ量が 20mm 程度以上ある場合に、わだち掘れの凸部をあらかじめ除去（事前切削）して対応した例もある（図-7）。



既設As層下面

図-7 事前切削の概念図

## (3) 積雪寒冷地域に対応した凍結抑制機能の付加

我が国の積雪寒冷地域は国土面積の約 60%を占め、総人口の約 20%が生活しており、農道が占める割合も多い<sup>11)</sup>。冬季は積雪および路面の凍結による車両事故の危険があり、限られた予算の中でも効果的な冬季路面管理が求められている。HS 工法のオーバーレイ層には通常、最大粒径 5mm の密粒系混合物を適用しているが、上記のような背景を踏まえ、通常の凍結抑制舗装よりも安価となるよう、HS 工法に凍結抑制機能を付加するものも開発した。HS 工法に適用可能な技術を表-8 に、実路に施工した箇所の様子を写真-9、10 に示す。

表-8 HS 工法に適用可能な凍結抑制舗装技術

技術名	薄層シングルメルト	ツインメルト
凍結抑制舗装の分類	物理系 (弾性材料による)	物理・化学系 (弾性材料＋凍結抑制剤による)
技術の概要	舗装内の弾性材料が輪荷重によりたわみ、路面の氷の破壊を促進する。	左記の効果に加え、凍結抑制剤の氷点降下作用により路面の凍結を遅らせる。
施工厚さ	2～3cm	4～5cm
交通量区分	N <sub>5</sub> 以下	N <sub>5</sub> 以下
氷着引張強度※	0.43MPa	0.33MPa

※舗装調査・試験法便覧「C049 氷着引張強度試験方法」に準拠  
(凍結抑制舗装の目標値：0.5MPa 程度以下)

凍結抑制工区は通常の工区に比べ路面が露出しており、凍結抑制効果があることが確認できている。なお、これらの技術は専用のヒータ車を用いない、通常の施工にも適用が可能である<sup>12)</sup>。

## 4. おわりに

以上、ほ場内農道に求められる性能を考慮しつつ、特にアスファルト舗装の表層の特質に合わせて筆者らが開発した維持工法について述べた。路面の損傷を放置すると舗装全体の脆弱化を招くため、傷んだ部分はなるべく早期に、手間と費用をかけない工法で効率よく補修し、舗装の長寿命化や良きストックマネジメントにつなげるからこそ大切なことだと考える。

本文で述べた技術以外にもほ場内農道の維持修繕に求められる技術は多様であり、今後も新たな技術・工法の開発に鋭意取り組みたい。

### 参考文献

- 1) 農林水産省 (2020)：農林水産統計令和元年農道整備状況調査結果概要、<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noudou/index.html#y>
- 2) (公社)日本道路協会 (2006)：舗装設計施工指針 p.19
- 3) (社)農業土木学会 (2005)：土地改良事業計画設計規準・設計「農道」、p.319
- 4) (公社)日本道路協会 (2017)：舗装点検必携 平成 29 年版、p.58
- 5) 宮崎ら(2016)：空港場周道路における貼付け型ひび割れ補修材の供用性、舗装、51-2、pp.10～11
- 6) 大槻ら(2013)：貼付け型クラック補修材の耐久性評価、第 30 回日本道路会議、3P26
- 7) 岡部ら(2015)：貼付け型路面補修材の適用事例について、第 31 回日本道路会議、3130
- 8) 尾崎ら(2019)：多用途に適用可能な高耐久型常温補修材、第 33 回日本道路会議、3P07
- 9) 尾崎ら(2020)：アスファルト舗装の小規模補修を対象とした取扱いが簡便な高耐久型補修材、2020 年度 (第 69 回) 農業農村工学会大会講演会 講演要旨集、1-69P
- 10) 近藤ら(2012)：ヒートスティック工法(既設路面加熱式薄層オーバーレイ)の耐久性に関する室内検討、第 12 回北陸道路会議、D-7
- 11) (社)土木学会(2011)：舗装工学ライブラリー6 積雪寒冷地の舗装、p.1
- 12) 好見ら(2018)：積雪寒冷地域における簡易式路上表層再生工法の供用背評価と凍結抑制機能の付加、舗装、53-11、pp.26～31

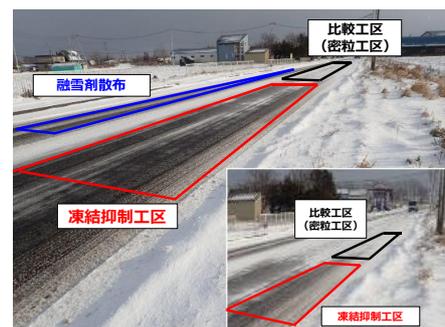


写真-9 薄層シングルメルトの冬季の様子



写真-10 ツインメルトの冬季の様子

# 北海道の農道における防雪柵の整備について

北海道農政部農村振興局農村整備課 中橋正彦

キーワード：冬季営農，酪農地帯，防雪対策

## 1. はじめに

北海道において農道は、営農や農村の生活を確保する上で必要不可欠なものであり、広大な農地への通作や各種集荷施設への運搬、営農資材等の搬入のための交通網として、重要な役割を果たしている。

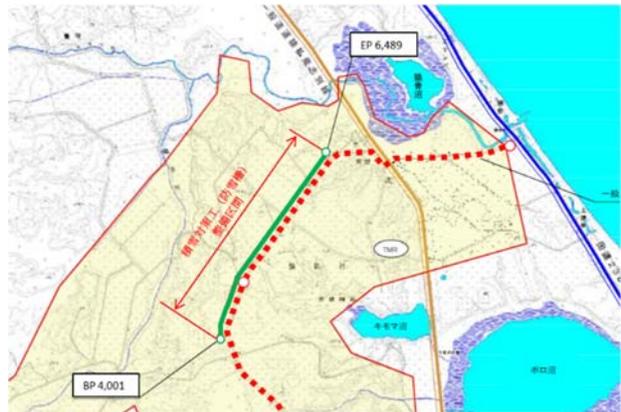
一方、北海道は全国でも有数の豪雪地帯であり、季節に関係なく行われる酪農地帯の集乳や飼料等の運搬等で、降雪や吹雪が営農作業の支障となっている。

このことから、農道における積雪寒冷地域対策の中でも防雪柵等の吹雪対策の整備要望が多くを占めており、農道機能強化対策として整備を進めているところである。

本報では酪農地帯で実施している吹雪対策の整備事例により、防雪柵の必要性の検討や施設選定手順手順などについて報告する。

## 2. 地区概要

今回報告する芦野地区は、北海道北端部に位置する宗谷郡猿払村にある農道で、対策路線長は2,241mである。対策路線が位置する地域では主に酪農が営まれており、集乳車両や酪農車両の通行、農家の生活道路として欠かせないものとなっている。しかし、当該路線は吹雪による視程障害や吹き溜まりが度々発生し、集乳やTMRセンターからの飼料運搬の円滑かつ安全な物流の障害となっていることから、吹雪対策が急務である。



図－1 芦野地区位置図

## 3. 吹雪による農道機能及び営農への影響

当地区はオホーツク海沿岸に位置しており、年間を通して強風にさらされている。

冬季は強風により地吹雪が発生し、見通しがほとんどきかない状況が続くことも珍しくない。当地区では、視程障害による通行車両の路外逸脱や吹きだまりによる車両のスタック、除雪作業への支障や作業効率の低下により除雪後開通まで時間を要する等、農道が通行不能もしくは通行可能となるまで時間を要するような事態が多々発生している。



写真－1 地吹雪による視程障害

酪農地帯では、冬季でも毎日搾乳が行われており、鮮度維持のためにも適時的確な集乳が必要である。乳牛は、毎日搾乳しないと乳房炎などの病気になってしまうため、搾乳した生乳の集乳はかかせないものである。農道が吹雪により通行不能となると、生乳の品質低下ばかりでなく乳牛にも悪影響が及ぶため、防雪柵整備による農道の安定した通行確保は地域の酪農業にはかかせない急務なものとなっている。



写真－２ 集乳車



写真－３ 搾乳状況

#### 4. 防雪柵整備について

防雪柵整備における、基本調査、吹雪対策必要性評価、防雪施設の選定までの流れを芦野地区の事例により紹介する。

##### 4-1 基本調査

基本調査は、吹きだまり要因と視程障害要因の原因把握、吹雪危険度を評点して保全対策の必要性を判断し、対策工法を選定するための必要な情報を得ることを目的とする。

芦野地区で整理したデータの一部を紹介する。

##### ○吹きだまり量

吹きだまり量は「全道吹きだまり量分布図（30年確率値）」によることとしている。

従って、図2の全道吹きだまり量分布図から当路線位置における吹きだまり量を読み取る。

その結果、当路線の吹きだまり量は「20～30 m<sup>3</sup>/m」となる。



図2 全道吹きだまり量分布図（30年確率値）

○視程障害頻度

吹雪頻度は「視程障害頻度分布図（平年値）」によることとしている。

従って、図3の視程障害頻度分布図から当路線位置における視程障害頻度を読み取る。

その結果、当路線の視程障害頻度は「10日以上～20日未満／年」となる。



図3 視程障害頻度分布図（平年値）

○積雪深

吹雪対策調査設計で用いられる積雪深は「最大積雪深等深線図（30年確率値）」によることとしている。

従って、図4の最大積雪深等深線図から当路線位置における最大積雪深を読み取る。

その結果、当路線の最大積雪心は「160cm～180cm」となる。



図4 最大積雪等深線図（30年確率値）

4-2 吹雪対策必要性評価

基本調査結果に基づき、当路線における吹雪対策必要性評価を実施する。吹雪対策必要性評価は吹雪危険度評価を評点方式で評価する。

○吹雪危険度の評価要因

吹雪危険度は「吹きだまり要因」と「視程障害要因」で評価し、以下の表1に示す要因（気象条件、周辺環境、道路構造）によって評価する。

1) 吹きだまり要因

種別		危険要因	安全要因
主要因	気象条件(A)	吹きだまり量、主風向、最深積雪	
拡大要因	周辺環境(B)	風上側平坦地	樹林帯または連続した家屋
	道路構造(C)	切土	盛土路側の堆雪スペース

2) 視程障害要因

種別		危険要因	安全要因
主要因	気象条件(A)	吹雪頻度主風向降雪量	
拡大要因	周辺環境(B)	地形の急変箇所	路側の樹木や家屋
	道路構造(C)	高い盛土カーブ区間トンネル坑口橋梁端部や立体交差部	中央分離帯の有無道路照明の有無

表1 吹雪危険度の算定要因

○吹雪危険度の評点

評点の算定にあたっては図5の危険度評価フローを用いる。これに前述の気象条件、既存の道路構造、周辺環境により評点する。

1. 要因

【吹きだまり要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹きだまり量 ※30年確率値	20m <sup>3</sup> /m以上	3
	30m <sup>3</sup> /m以上	6
	40m <sup>3</sup> /m以上	9
主風向と道路の角度	30°未満	1
	30°~60°	2
	60°以上	3
最深積雪深 ※30年確率値	50cm以上	2
	100cm以上	4
	150cm以上	6
合計 (D1)		

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
風上側平坦地の長さ	平坦地あり	3
	100m以上	6
	300m以上	9
切土法面勾配	1:3.0未満	3
合計 (D2)		

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	幅10m以上	4
盛土高さ	最深積雪×1.3以上	3
路側の堆雪スペース	あり	3
合計 (S1)		

D1-S1

D1-S1 > 0ならば、(D1-S1) + D2

D1-S1 ≤ 0ならば、D1-S1

Pfb

【視程障害要因】

●危険要因

(1) 主要因 (気象条件)

項目	基準値	評点
吹雪頻度 ※平年値	20日/年以上	3
	30日/年以上	6
	40日/年以上	9
降雪量 (最深積雪) ※平年値	200cm未満*	3
	300cm未満 (80cm未満)	6
	200cm以上* 300cm以上 (80cm以上)	9
※旧手法による降雪量の場合		
合計 (D1)		

(2) 拡大要因 (周辺環境・道路構造)

項目	基準値	評点
地形の急変箇所 (切盛境、沢筋など)	小規模または部分的	2
	大規模または連続的	3
盛土法面勾配	1:2.0未満	3
カーブ区間 (曲率半径)	あり	1
	200m未満 100m未満	2
トンネル坑口、橋梁端部、立体交差部	あり	3
合計 (D2)		

D1-S1

D1-S1 > 0ならば、(D1-S1) + D2

D1-S1 ≤ 0ならば、D1-S1

Pfv

○安全要因

項目	基準値	評点
風上側の樹林帯、連続した家屋、市街地	断続的にあり	2
	幅10m以上	4
中央分離帯	幅30m以上	6
道路照明	あり	3
あり	あり	3
合計 (S1)		

2. 履歴

項目	基準値	評点
吹雪による通行規制回数	1回/数年	3
	1回程度/年	9
	数回/年	15
視界不良事故など事故件数	1件/数年	2
	1件程度/年	6
	数件/年	10
維持管理上の障害状況	1回/数年	1
	1回程度/年	3
	数回/年	5
合計 (C1)		

Pf

P

3. 判定

ランク	総合評点 (要因のみの場合)	判定
A	44以上 (35以上)	吹雪による障害の危険性が極めて高い
B	21~43 (15~34)	吹雪による障害の危険性がある
C	1~20 (1~14)	吹雪による障害に対して注意を要する
D	0以下 (0以下)	吹雪対策の必要なし

図5 吹雪危険度の評価フロー

○芦野地区の吹雪危険度評価

当路線は、道路周辺環境及び道路構造の違いにより区間設定し、区間ごとに評価を行っている(図6)。当路線の気象条件・道路構造・周辺環境を吹雪危険度の評価フローにより判定した結果は以下表2のとおりで、全ての区間で「ランクA～吹雪による障害の危険性が極めて高い」となった。

吹雪危険度算定区間の区分は、道路線形、道路周辺環境および道路構造の違いにより以下に示す7区間とする。  
また、履歴については、地元聞き取り(住民、除雪業者)結果を反映させる。

区間分け一覧表

路線名	区間No	区間				道路構造	主風向との角度	風上側状況
		起点	終点	延長	線形			
猿払芦野線	1	4,000	4,300	300	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約70°	平地
	シェッド	4,300	4,450	150				
	2	4,450	4,700	250	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約70°	平地
	3	4,700	4,800	100	直線	ほぼ平坦	約56°	家屋
	4	4,800	4,950	150	直線	ほぼ平坦	約56°	平地
	5	4,950	5,080	130	直線	ほぼ平坦	約56°	林帯
	6	5,080	6,460	1,380	直線	ほぼ平坦	約56°	平地
7	6,460	6,500	40	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約56°	家屋	



図6 路線区間分け

路線名	区間No	区間				道路構造	主風向との角度	風上側状況	総合評点	ランク
		起点	終点	延長	線形					
猿払芦野線	1	4,000	4,300	300	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約70°	平地	56	A
	シェッド	4,300	4,450	150						
	2	4,450	4,700	250	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約70°	平地	53	A
	3	4,700	4,800	100	直線	ほぼ平坦	約56°	家屋	44	A
	4	4,800	4,950	150	直線	ほぼ平坦	約56°	平地	50	A
	5	4,950	5,080	130	直線	ほぼ平坦	約56°	林帯	44	A
	6	5,080	6,460	1,380	直線	ほぼ平坦	約56°	平地	47	A
7	6,460	6,500	40	直線 カーブあり	ほぼ平坦	約56°	家屋	45	A	

表2 吹雪危険度評価一覧表

評価結果がランクAの区間について吹雪対策が必要となるため、当路線は全ての区間で吹雪対策が必要な路線であると判断した。

4-3 防雪施設の選定

吹雪対策施設の選定表(表3)により施設の選定を行う。選定にあたり、本地区の条件は、防雪目的は視認障害対策であること、地元要望として用地買収はなるべく避けること、車線数は片道1車線である。

選定条件		主要対策施設				道路構造		道路防雪材		防雪機		視認障害対策	大型構造物
		種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別				
地形形状	防雪目的	主風向	用地確保	車線数?*	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別
ほぼ平坦	吹きだまり対策	直行	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△
			不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△
		既設	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△
	不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△		
	視認障害対策	直行	可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△
			不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△
既設		可	多車線・片側1車線	—	○	—	◎	×	○	○	×	△	
不可	多車線・片側1車線	—	◎	—	×	×	×	○	×	△			

表3 吹雪対策施設の選定表

当路線の条件をもとに表3から防雪施設を選定した結果、吹き止め柵・吹き払い柵となる。  
吹雪対策施設の適用条件について、表4の適用条件表から確認する。

○：適している △：検討を要する、検討が必要である ×：適さない、適していない		吹きだめ柵の適用条件	吹き止め柵の適用条件	吹き払い柵の適用条件	現地特性	対策工の適用	
防雪目的の適否	吹きだまり対策	○	○	×		吹きだめ柵要検討	
	視程障害対策	△	○	○			
気象条件の適否	最深積雪	100cm未満	○	○	○	180cm	吹き払い柵不可
		100～150cm	○	○	△		
		150cm以上	○	○	×		
	吹雪時の風速	安定して強い	○	○	○		全て適用可
		弱い	△	○	×		
	主風向の角度	ほぼ直角	○	○	○	SP4000～4700 : 70° SP4700～6500 : 56°	全て適用可
		45°程度	△	○	△		
		平行に近い	×	△	×		
一定でない		△	△	×			
吹きだまり量	40m³/m未満	○	○	○	20～30m³/m未満	全て適用可	
	40～60m³/m	○	○	△			
	60m³/m以上	○	△	×			
道路構造(主風向側)の適否	土工形状	高い盛土	×	○	○	ほぼ平坦	全て適用可
		低盛土～高い盛土	△	○	○		
		低盛土以下	○	○	○		
		切土	△	△	×		
	深い切土	×	×	×			
	山地斜面	×	△	×	なし		
広幅員道路(多車線道路)	○	○	×	なし			
用地及び土地利用条件	あり	×	×	○	草地	吹きだめ柵不可 吹き止め柵不可	
	無し	○	○	○			
環境条件	春期の融雪遅延の影響、融雪遅延による地温上昇の阻害			なし			
景観への配慮	ドライバーへの圧迫、側方視界の妨げ、景観の阻害			なし			

表4 吹雪対策施設の適用条件(道路構造, 付帯施設による対策施設)

以上から、全ての条件を満たす施設が無い結果となるが、満たせば適用可能となる条件が別途定められており、これにより吹き払い柵については積雪が多い地域でも下部間隙を除雪により確保出来れば適用が可能となり、吹き止め柵についても高性能吹き止め柵であれば適用可能となる(下記の表5を参照)。

【吹き払い柵：気象条件(最深積雪)における適用条件】

○：適している △：検討を要する、検討が必要である ×：適さない、適していない		吹きだめ柵の適用条件	吹き止め柵の適用条件	吹き払い柵の適用条件	現地特性	対策工の適用
気象条件の適否	最深積雪	100cm未満 ○	100～150cm ○	150cm以上 ○	180cm	吹き払い柵不可



○：適している △：検討を要する、検討が必要である ×：適さない、適していない		吹きだめ柵の適用条件	吹き止め柵の適用条件	吹き払い柵の適用条件	現地特性	対策工の適用
気象条件の適否	最深積雪	100cm未満 ○	100～150cm ○	150cm以上 ○	180cm	吹き払い柵は下部間隙の確保を条件に○

【吹き止め柵：用地条件における適用条件】

○：適している △：検討を要する、検討が必要である ×：適さない、適していない		吹きだめ柵の適用条件	吹き止め柵の適用条件	吹き払い柵の適用条件	現地特性	対策工の適用
用地及び土地利用条件	あり	×	×	○	草地	吹きだめ柵不可 吹き止め柵不可
	無し	○	○	○		



○：適している △：検討を要する、検討が必要である ×：適さない、適していない		吹きだめ柵の適用条件	吹き止め柵の適用条件	吹き払い柵の適用条件	現地特性	対策工の適用
用地及び土地利用条件	あり	×	○	○	草地	吹きだめ柵不可 吹き止め柵は高性能を選定することで○
	無し	○	○	○		

表5 吹雪対策施設の適用条件の応用

よって「高性能吹き止め柵」と「吹き払い柵」で比較検討を行う。吹き払い柵については適用可能となる前提条件が「確実な下部間隙の確保」であるため、迅速かつ確実な機械除雪による下部間隙の確保が可能となる「オーバーハング型吹き払い柵」で比較検討を行う。

○防雪柵の形式と特徴

比較検討する吹き止め柵と吹き払い柵の一般的な形式と特徴について紹介する。

・吹き止め柵

風上側に飛雪を堆積させる特徴があり、その分風下側の吹きだまり雪丘は小さくなる。道路上の防風効果も期待できるため、高い視程障害緩和効果を有する。

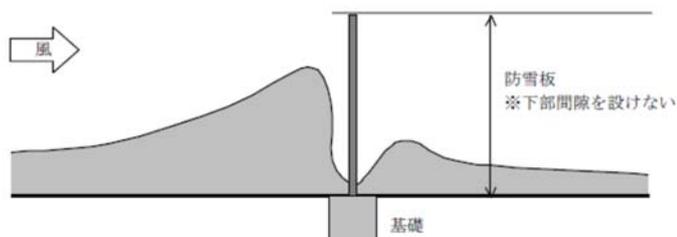


図 7-1 吹き止め柵の構造

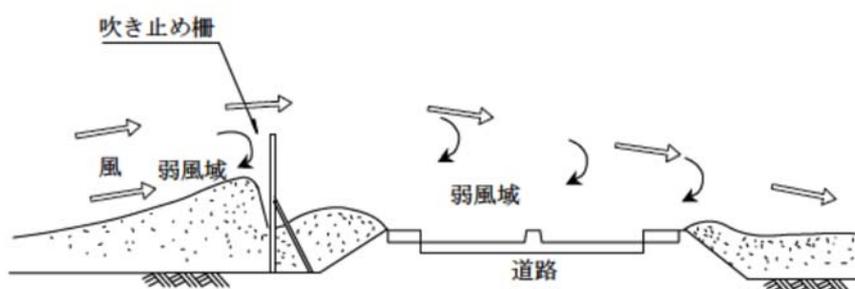


図 7-2 吹き止め柵の防雪機構

・吹き払い柵

防雪板で風をせき止め、柵の下部間隙から吹き抜ける強い風を利用して、道路の路側や路面の雪を吹き払う。飛雪が路面すれすれに吹き抜けるので視程障害の緩和効果が大きい。

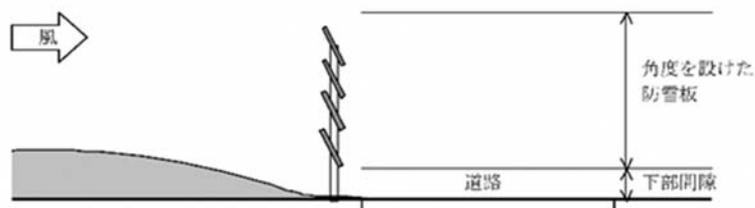


図 8-1 吹き払い柵の構造

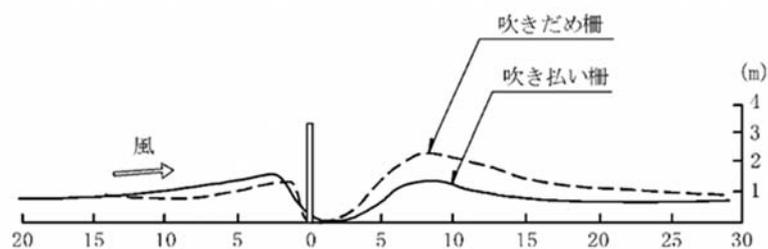
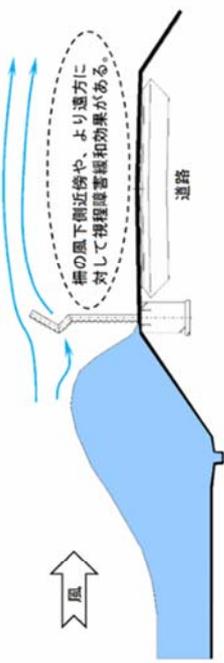
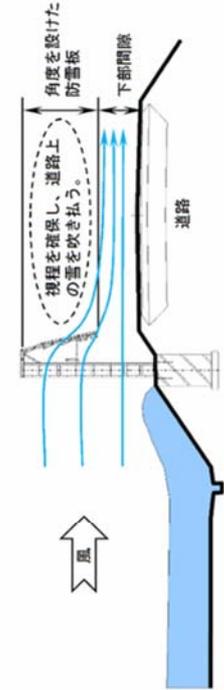


図 8-1 吹き払い柵と吹き止め柵の吹きだまり雪丘の比較

○当路線の防雪柵比較検討結果

次頁に高性能吹き止め柵とオーバーハング型吹き払い柵の比較検討結果について紹介する。

高性能吹き止め柵 (誘導板付忍び返し柵)		オーバークラウド型吹き払い柵		
概要図	 	 		
	<p>雪を柵の風上側に吹きだめる従来型の機能に加え、吹雪を道路上空遠方へ飛ばして柵上方の制降渦を低減し、道路上の視程確保と吹きだまりを大幅に減少させる事を目的として改良された吹き止め柵である。また、より速くに雪を飛ばす構造である事から、風下側近傍への飛雪の巻き込みを抑制し、風下への堆雪を軽減できるため道路路肩への設置が可能である。吹きだまり形成を抑制でき、視程緩和領域が柵高の約1.5倍期待できるため、各区間において吹きだまり抑制・視程障害緩和効果が車線全てをカバーできる。ただし、除雪作業時は道路路肩の堆雪スペースが狭くなるため、積雪処理が必要となる。</p>	<p>柵の下部間隙から加速された風上からの吹き掛けの風の流れによって、吹雪による飛雪の高さを路面付近まで低くしてトラバーの視程を確保し、同時に、道路上の雪を吹き払い防雪板である。主に視程障害を緩和することができる。一般的に吹き払い柵は、柵高の2.0~3.0倍程度の吹き払い効果がある。なお、積雪により下部間隙が閉塞した場合には、視程障害緩和効果や道路路肩の雪を吹き払い効果が低下する。各区間において吹き払い効果が車線全てをカバーできる。また、下部間隙が閉塞した場合は、防雪機能低下するため、除雪作業が必要となる。 ※下部間隙閉塞時の防雪機能低下に関しては次頁資料を参照</p>		
機性能	<p>景観対策で折りたたみ型とした場合は、夏季に収納作業費が発生する。道路路肩に設置できるため、<b>用地の追加取得が必要ない。</b> (上部工のみ) 76.1 千円 / m × 2500 m = 190,250 (千円)</p>	<p>夏季に景観対策として、防雪板を水平にする作業費が発生する。道路法面に設置するため、<b>用地の追加取得が必要となる。</b> ただし、<b>用地買収費はごくわずかであるため、全体的な経済性は有利である。</b> (上部工のみ) 62.4 千円 / m × 2500 m = 156,000 (千円)・用地買収費 (500 千円)</p>		
経済性	<p>路肩に設置できるため、<b>追加用地取得が発生しない。</b> 柵背面に雪が堆雪する為、<b>香先の除雪が送れる可能性</b>がある。</p>	<p>追加用地取得が発生し、<b>用地確定のための測量が必要となる。</b></p>		
用地取得	<p>収納型の場合、防雪板を下部に折り畳むことにより、非積雪期の<b>景観に配慮することが可能</b>となる。側方の見通しや交通の<b>透過性</b>に劣るため、<b>取付道路や交差点直前では視認性を確保する必要がある。</b></p>	<p>収納型の場合、防雪板を水平にするにより、非積雪期の<b>景観に配慮することが可能</b>となる。</p>		
景観・対心性	<p>吹きだまり・視程障害の緩和効果が車道部全体に期待できる。また、路側に設置できるため、新規で用地を取得する必要がないが、柵背面に雪が堆雪する為、<b>香先の除雪が送れる可能性</b>がある。側方の見通しや交通の<b>透過性</b>に劣る。柵本体は他の工法と比べて<b>やや高価</b>である。</p>	<p>吹きだまり・視程障害の緩和効果が車道部全体に期待できる。また、路側に設置できるため、新規で用地を取得する必要がない。柵下除雪を考慮した改良型吹き払い柵であるため、<b>機械除雪を構築を行うことで吹き払い効果は再現できる。</b></p>		
維持管理	<p>道路路肩の堆雪スペースが狭くなるため、道路上に堆雪した雪の<b>排雪処理が必要</b>となる。</p>	<p>オーバークラウド型は<b>防雪板の下部を除雪することが可能</b>なため、人力による下部間隙の除雪作業を必要とせず、<b>防雪効果を長時間確保する事が可能</b>となる。また、本路線の他区間においても<b>オーバークラウド型が設置されており、機械除雪が行われているため、一連で除雪が可能</b>である。 (次頁以降「防雪柵設置箇所図」参照。)</p>		
総合評価	△	○		

○オーバーハング型吹き払い柵が有利な点

- ・用地取得が発生する場合があるが、ごくわずかであるため柵建設費用と用地取得に係る費用を含めたトータルコストでも有利となる。
- ・除雪車で防雪板の下部を除雪することが可能なため、人力除雪が不要なく防雪効果を長時間確保することが可能である（高性能吹き止め柵は道路路肩の堆雪スペースが限られるため、排雪が必要となる）。

以上の比較検討の結果から、建設コストや建設後のランニングコストを考慮し当路線はオーバーハング型吹き払い柵を防雪施設として選定する。

## 6 おわりに

北海道は紹介した路線以外にも酪農を主とする地帯があり、防雪対策を必要としている農道が多く存在する。また、農村における生活道路としての機能を果たすために、酪農地帯以外で防雪対策を必要としている農道も存在する。

これらの未整備路線においても、今回事例のように路線の気象条件を的確に把握したうえで、実際の吹雪状況を現場で確認もしくは地元住民・道路維持管理者からの聞きとり等により防雪目的を明確にし、これに対応する防雪施設の候補から現場条件・用地取得の可否・建設後の維持管理コスト等を総合的に判断し、現地にマッチした防雪施設の整備を進めていくことが重要と考えている。

## 参考(引用)文献

- 1) 北海道農政部農村振興局 農道吹雪対策の手引き
- 2) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 道路吹雪対策マニュアル

# 千葉県における農道整備事業について

## —JR東日本線路下の横断工事の事例—

千葉県安房農業事務所 地域整備課 渡辺 聖樹

キーワード：広域農道，JR 横断，HEP&JES 工法，

### 1. はじめに

#### (1) 千葉県の概要

千葉県の北部は利根川・江戸川を挟んで茨城県，埼玉県及び東京都に接し，残る三方は太平洋や東京湾に面した半島性を有している。

県土の面積は約 52 万 ha であるが，そのうち 12.6 万 ha が農用地であり，構成比は全国平均 12% の約 2 倍となっている。

このような広大な農地と温暖な気候，首都圏に位置する恵まれた立地条件のもと，近年の農業産出額（H30 年 4,259 億円）は全国第 4 位を維持しており，その産出額と構成比の内訳は，米が 782 億円で 17.1%（全国 8 位），野菜・果実・花きを合わせた園芸が 1,896 億円で 44.5%（全国 3 位），畜産が 1,287 億円で 30.2%（全国 5 位）となっており，園芸を中心とした生産構造となっている。

#### (2) 安房地域の概要

全国で最も平均標高が低い千葉県であるが，南部の安房地域は 200～300m 級の山々が続く丘陵地帯であり，また周囲を海に囲まれた半島でもあることから，地域の多くは特定農山村等の条件不利な地域の指定を受けている。

低平な農地が少ないということは 1 戸あたりの耕地面積にも表れており，県内平均が 202a に対して安房地域は 125a である。

一方で農家率は 12.3% であり，県内の 10 地域のうち北部の水郷地帯である香取地域の 15.9% に次ぐ高さであり，農業は地域を支える重要な産業となっている。

本地域の気象条件は，太平洋の暖流により年平均気温 16℃前後，年間降水量は 2,000mm を超えるなど，温暖といわれる千葉県のなかでも特に温暖な気候に恵まれ，このような気象条件を活かし，畜産・花卉・野菜・水稲・果樹の生産が活発であり，首都圏への広域的な生鮮食料品の供給基地として重要な役割を担っている。

特に花卉については，施設面積の半数が安房地域にあり，高齢化や人口減少が進む房総地域において，地元の社会経済を支える重要な産業となっている。

また，本地域は首都圏に位置しながら，海と緑と花を活かした特色ある観光事業に取り組んでおり，房総半島を巡る観光の中心地としても大きな役割を果たしている。

本稿で紹介する広域営農団地農道整備事業安房地区は，その受益が上述の安房地域を構成する館山市，鴨川市，南房総市，鋸南町の 3 市 1 町にわたっている（図 1）。



図 1 位置図

蛇足であるが、最近では緑豊かなロケーションと都心からの近さが評価され、本地区の近隣に高級外車の会員制サーキットの建設が計画されており、今後の交流人口の拡大（特に富裕層の呼び込み）にもつながるものと期待されている。

### (3) 本地区の物流計画

安房地域は、水稻・トマト・きゅうり・大豆・落花生・大根・とうもろこし・そらまめ等の野菜に加え、飼料作物の作付けも多く、また、生乳・肉豚等の畜産物やキク等の花卉、びわ等の果樹といった多様な品目の産出があり、県内でも有数の農業地域となっている。

今後も需要に則した作物生産を推進するとともに、畜産・花卉・果樹農家との連携のもと、土作りの推進、機械化一貫体系の促進による省力化、周年供給体制の強化を図る施設化等を積極的に推進することが急務となっている。

これらの農産物流通の現状としては、国道127号線・128号線・410号線、及び主要地方道富津館山線・館山白浜線・千葉鴨川線、県道和田丸山線・館山大貫千倉線・富津丸山線等から、東関東自動車道館山線及び鴨川有料道路を経由して、京浜・京葉市場に出荷している。

本地区では、県営及び団体営のかんがい排水事業によりほぼ全域をカバーしており、さらに関連事業として県営及び団体営のほ場整備事業も進められ、国庫補助事業による一元化された大型の野菜集出荷場やライスセンター等の近代化施設等の整備が進んでいる。

本農道を整備することによって、上記の生産団地と広域流通施設を結び付け、かつ渋滞している各国道・県道を回避して、本広域農道から東関東自動車道館山線及び鴨川有料道路を経由し、京浜・京葉市場に出荷することで、農産物流通の合理化を図るものである。

## 2. 事業計画

本地区は広域営農団地農道整備事業として法手続きを行い、平成7年度から事業に着手した。

計画延長L=7,295mは房総丘陵の山肌を切り盛りしながら新規に開設するものであり、橋梁工1箇所、トンネル工7箇所の整備を含むことから、計画延長に対して多くの事業期間を要している(図2)。

トンネル工7箇所のうち1箇所はJR内房線をアンダーパスするものであり、本報ではこのアンダーパス工事について詳細を後述する。

本地区は、事業着手以降、農林水産省の国庫補助事業として工事を実施してきたが、平成21年の民主党への政権交代後、いわゆる事業仕分けにより農林水産省としての広域農道の補助制度が廃止されたことから、平成22年度以降は、内閣府の交付金を活用して事業を進めている(表1)。

表1 安房地区の経緯と進捗状況

(百万円)

地区(延長)	安房 (L=4,078m)	安房2期 (L=3,217m)				全体
	安房	安房2期	安房2期			
国庫補助	補助金	補助金	道整備 交付金	地方創生道整備推進交付金		
				認定済み	未認定	
総事業費	8,734	109	1,087	2,034	1,293	13,257
事業期間	H7～H21	H19～H21	H22～H28	H29～R3	—	H7～R3
R1迄事業費	8,734	109	1,087	911	—	10,841
R1迄進捗率	100.0%	100.0%	100.0%	44.8%	—	81.7%

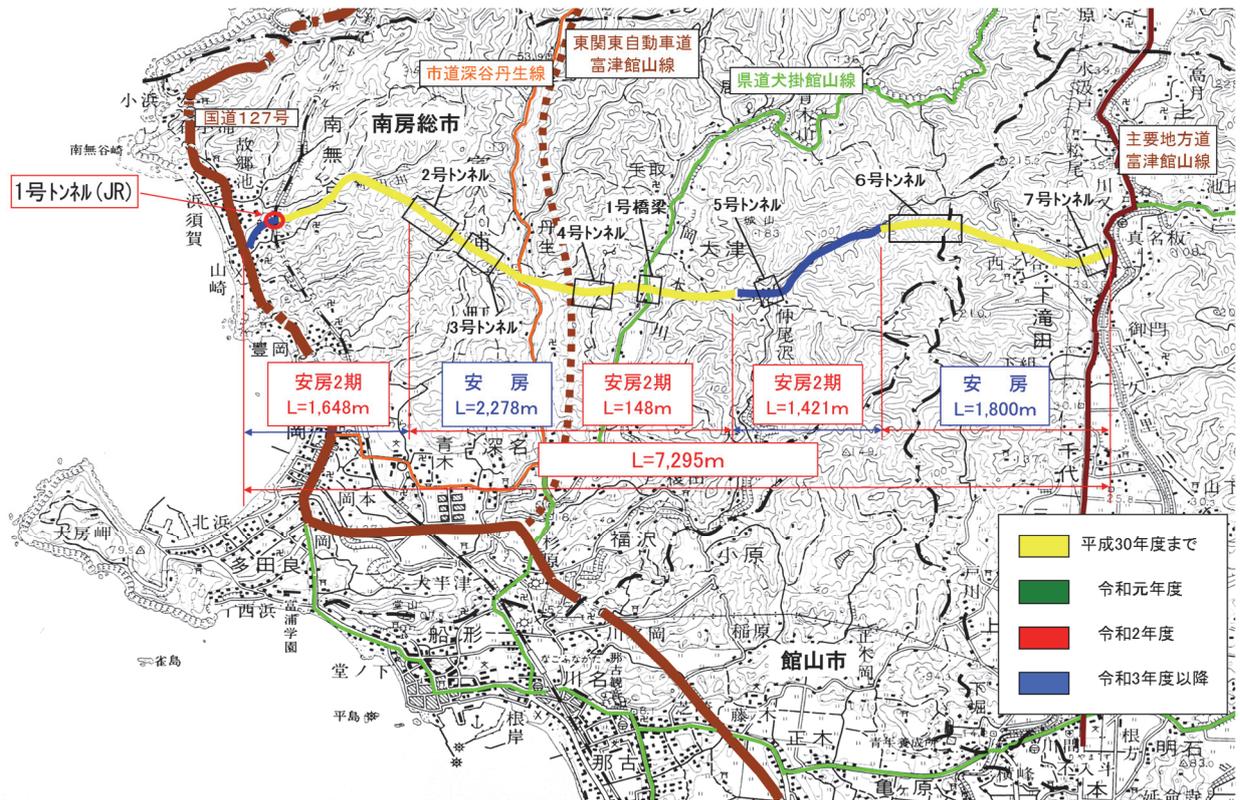


図2 安房地区の計画一般図

### 3. 1号トンネルのJR横断工事

#### (1) JR横断工事の設計

本地区の1号トンネルは、JR東日本内房線の岩井駅から富浦駅の間で盛土区間の鉄道敷地をアンダーパスする箇所があり、平成29年度にJR東日本と委託業務の協定を締結し、平成30年度から令和3年度までの工期でJR横断工事を施工している。

#### (2) 土質の確認

軌道敷地は盛土区間であり、当該盛土を貫通する工事となることから、盛土とその基部の土質を確認した(図3)。

①盛土の性状：N値4～14、礫状の泥岩片を主体とする掘削ズリ、平均粒径30～50mm、所々100mm程度の泥岩塊を混入する。

②盛土基部の性状：粘土質シルト、N値7～14、湿地性堆積物で異臭あり、少量の木片、有機物を混入する。

#### (3) 工法の選定

工法の選定に際しては、以下を選定条件とした。

- ①線路閉鎖工事が少ない工法であること
- ②用地及び立て坑スペースを確保できること
- ③箱型構造、土被り(H=6.1m)、短距離(L=15.0m)及び支持地盤に適応した工法であること
- ④工期が短く、安価であること

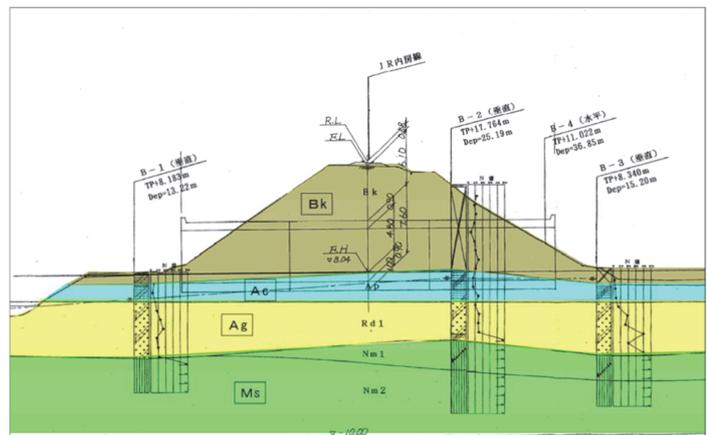


図3 横断区間の土質分布

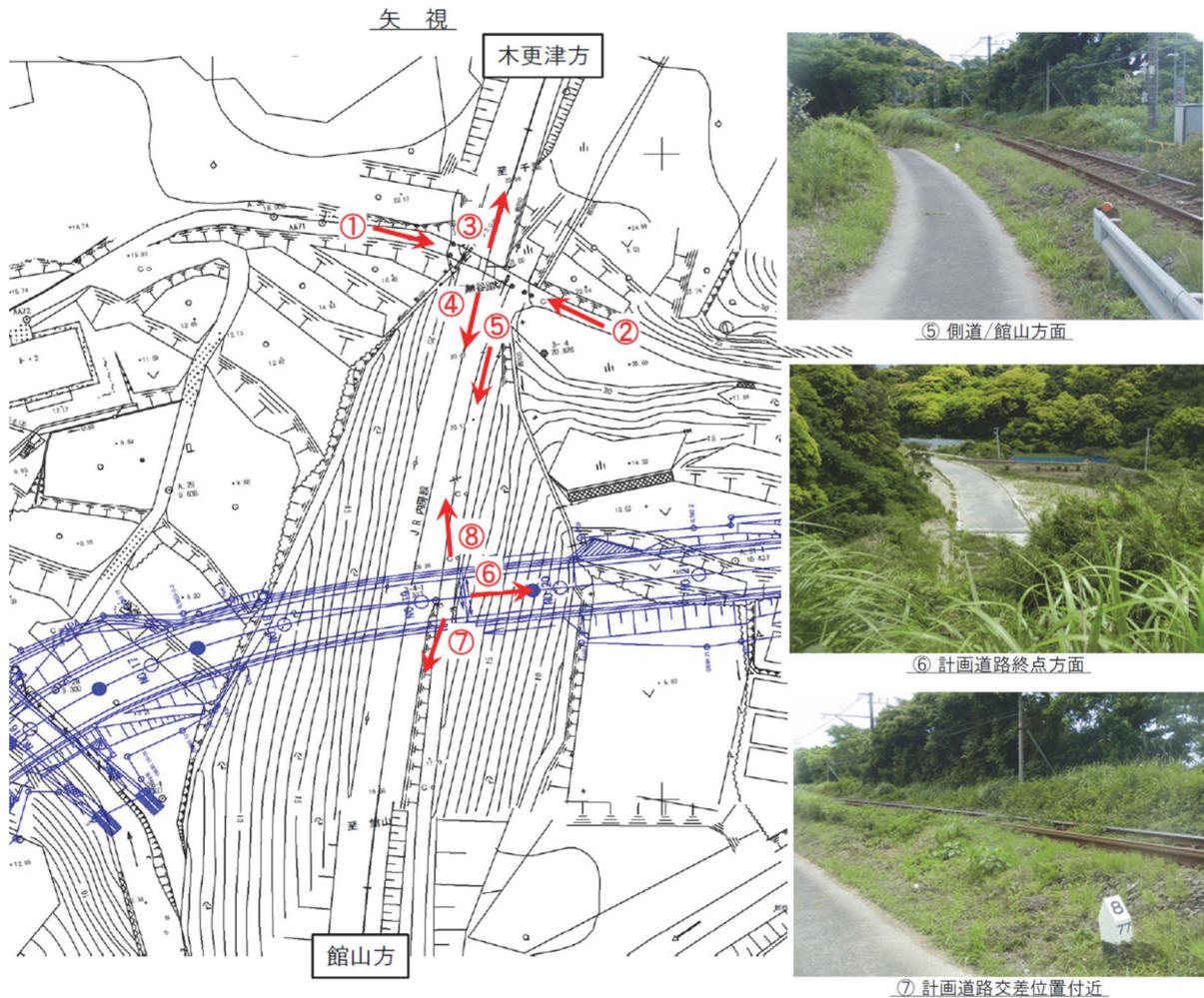


図4 着工前の施工地周辺の状況

以上の条件から、主要な非開削工法として実績がある工法を比較検討した結果、HEP&JES工法を採用した(図5)。

(4) HEP&JES工法の概要

HEP工法：鋼管状の鋼製エレメントを到達側からけん引し、非開削で地中に敷設する施工方法

JES工法：敷設した鋼製エレメントを横断構造物の本体とする構造物の構築方法（鋼製エレメントをJES継手で接続し、構造的な一体化を図る）

① 長所

- ・線路下のけん引、推進が1回で済み軌道面や地上構造物に与える影響が少ない。
- ・エレメントをそのまま本体として利用するため、工期を短くすることができる。
- ・エレメントを上床版として利用するため、土盛りが小さくできる。

② 短所

- ・鋼製エレメントが露出した状態のままでは発錆により美観を損なうことから内装を施すことが望ましい。
- ・掘削推進中に障害物が出現した際には、障害物の掘削除去が人力作業となる。

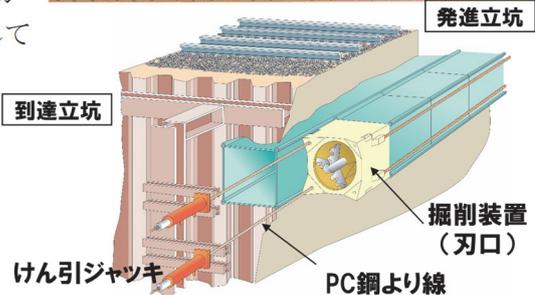
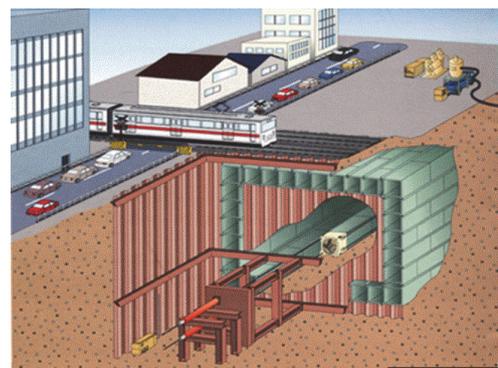


図5 HEP&JES工法のイメージ

### (5) 施工手順

- ① 発進立坑，到達立坑を施工する。
- ② 基準エレメントを所定の位置に挿入する(上床部のセンター)。
- ③ 基準エレメントの JES 継手をガイドとして，隣接した一般部エレメントを挿入する。順次，エレメントを挿入して構造物を形成する。
- ④ 上床部，側壁部，下床部のエレメント外側に裏込注入を行う。
- ⑤ 上床部，側壁部，下床部のエレメントの継手部にグラウトを充填する。
- ⑥ 鋼製エレメント内をコンクリートで充填して構造物を完成させる。
- ⑦ 函体内部の土砂を掘削する。
- ⑧ 函体内面および発進，到達側端部の仕上げを行う。

上記②～⑥の手順について，詳細を図 6 に示す。

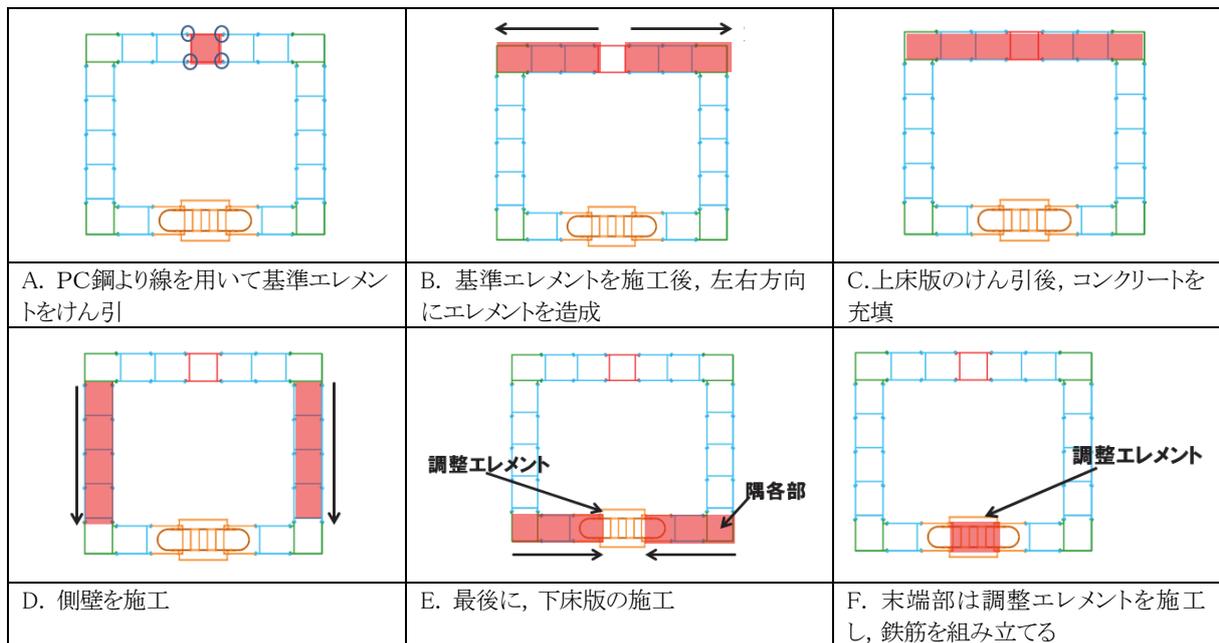


図 6 HEP & JES 工法の施工手順

### 4. JR横断工事の施工

JR 横断部は，上述の HEP&JES 工法の外，以下の構造により施工することとした(図 7)。

B2・・・ 線路直下の函体構造は HEP&JES による JES 函渠

B1,3・・・ JES 管渠との取付部の函体は RC 構造

U1,2・・・ 横断部前後の取付部は U 型擁壁 (RC)

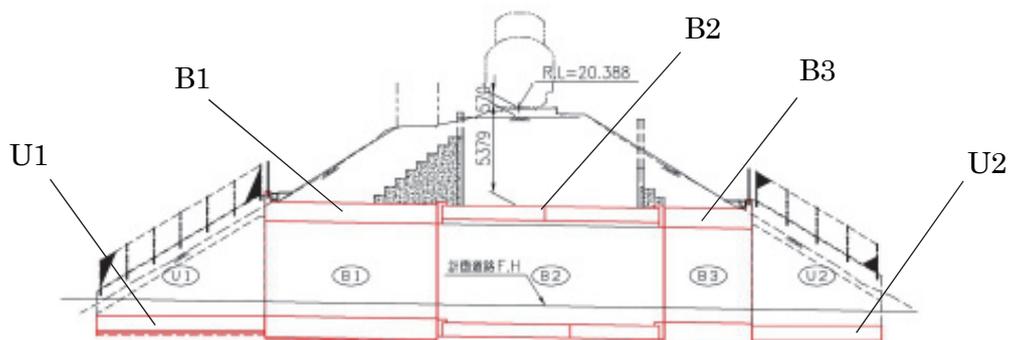


図 7 横断部の構造体の構成イメージ

## (1) 施工状況

現在までの現地の施工状況を図8に示す。



図8 横断部の施工状況

## (2) 進捗状況

現在、下床版を施工中であり、今後調整エレメントを施工する予定(図6のE~F)。

現場ではいくつかの問題が生じたものの、施工は予定どおり進んでいる。

[主な問題]

- ・令和元年9月に房総を襲った台風による作業ヤード付近の倒木・仮囲いの倒壊等
- ・エレメント施工時の軌道沈下に伴うバラスト補充

## 5. おわりに

令和元年の房総半島台風をはじめとする一連の台風・豪雨により、千葉県では750億円をこえる被害が発生した。

過疎化や高齢化が進む房総地域の被害は特に深刻であり、農業のみならず地域社会の衰退が進む危機感を覚える様相である。

このような中、本広域農道のJR横断工事や、続く舗装工事等が完了すれば、国道127号線から市道深谷丹生線、県道犬掛館山線を接続する南房総市を横断するルートが完成し、進捗率は延長ベースで80.5%となる。

さらに、今後は残る東側の区間を順次施工し、主要地方道富津館山線までの接続を目指す計画であり、これにより、アクアラインへと続く東京湾沿いの国道127号から房総丘陵を縦貫する2つの県道が、広域農道により一体的に連絡することとなる。

東西に横断する道路が少ない当地域にとっては、農林水産業だけではなく観光や市民生活、特に災害時の緊急輸送ルートへのアクセス改善の上でも重要な道路となり、未だ台風被害を引きずる房総地域にとって、復興を加速する足がかりになるものと期待している。

# 路上路盤再生工法(CAE 工法)の寒冷地への適用に関する検討

## — 室内および試験施工による検証 —

ニチレキ（株）北海道支店 内海 正徳  
北海道胆振総合振興局 室蘭建設管理部 足立 浩  
北海道科学大学 工学部 亀山 修一  
北海道科学大学 工学部 川端 伸一郎

キーワード：路上路盤再生工法，セメント・アスファルト乳剤安定処理，  
凍上，融解期の支持力低下

### 1. はじめに

セメント・アスファルト乳剤安定処理（CAE）工法は，原位置で既設のアスファルト混合物と路盤を破砕し，セメントとアスファルト乳剤を混合することで，新規路盤を構築する工法である。

CAE 路盤は，耐久性や荷重分散性が向上することによって舗装の長寿命化が図れることや，廃材の有効利用により環境負荷が低減されるメリット<sup>1)</sup>があり，交通量が増加して支持力不足となった広域農道において，長寿命化を目的として採用された事例がある<sup>2)</sup>。さらに，既往の研究<sup>3),4)</sup>では，CAE 工法が地震時の液状化を抑制させるとの報告もあり，同工法の付加価値に着目した取り組みもみられる。

寒冷地の舗装では，交通荷重によるひび割れやわだち掘れ以外にも，凍上や融解期の路床・路盤の支持力低下によって，舗装の損傷が進行することが知られている<sup>5),6),7)</sup>。CAE 路盤は，剛性を持つ版状の改良体であることから，ある程度の路床の凍上や融解期の支持力低下に抵抗することが期待される。

そこで本論文は，凍上被害が確認された北海道内の道路において試験的に CAE 工法を施工し，冬期の動態観測ならびに原位置試料による室内試験を実施し，寒冷地における CAE 工法の適用について考察したものである。

### 2. 施工箇所と試験施工の概要

#### 2.1 施工箇所の概要

施工箇所は北海道勇払郡厚真町のアスファルト舗装であり，舗装計画交通量は 100 以上 250 未満（台/日・方向）の N4 交通に区分される。当該路線の歴史は古く昭和 30 年代まで遡り，凍上による縦断ひび割れや融解期の支持力低下による亀甲状ひび割れが多数確認されている。なお，厚真のアメダスデータによる 10 年確率凍結指数は 776  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$  であり，この凍結指数から推定される理論最大凍結深さは約 140cm となる。写真-1 は施工箇所の開削断面である。現状の舗装構造は，アスコン 14cm（表層・基層・AS 安定処理），路盤 40cm，凍上抑制層 25cm である（合計 79cm）。当該路線は凍上対策として約 80cm までが置換えられているが，現在の基準では，前述の理論最大凍結深さの 70%を非凍上性材料に置換えることが基本となるため<sup>8)</sup>，本来は 140cm の凍結深さに対して 70%の約 100cm の置換えが必要となる。



写真-1 既設舗装の開削断面

## 2.2 CAE 工法の改良条件

図-1 は CAE 工法の施工手順である。本施工では、既設のアスファルト混合物（既設アスコン）を 5cm 切削した後に、セメントとアスファルト乳剤（AS 乳剤）を添加し、既設のアスコンと路盤の一部をスタビライザで破碎混合して CAE 路盤を構築する。ここで、CAE 路盤の厚さは 20cm と 30cm の 2 パターンを設定した。

セメント（Ce）は高炉セメント B 種，AS 乳剤はノニオン乳剤（MN-1）を用いた。各添加率は、一軸圧縮強さ（基準値 1.5～2.9MPa）などに基づく配合試験により、20cm 改良で Ce=2.7%，AS=4.2%，30cm 改良で Ce=2.5%，AS=4.4%とした。なお、CAE 路盤の母材となる既設路盤については、以降の 2.4 で詳細を述べる。

## 2.3 試験工区の設定と観測項目

試験工区は、未改修（参考 0 工区），CAE30cm（1 工区），CAE20cm（2 工区），切削オーバーレイ（3 工区）の総延長 300m（各 75m）とした。施工は冬季前の 2019 年 10 月に完了している。

つぎに、表-1 は試験工区での観測項目である。観測頻度は凍結融解の影響が分かるよう秋季と春季を基本とし、凍上量のみ冬季に月 1 回の頻度で測定した。土中温度は深度 120cm まで 10cm 間隔でセンサーを埋設し、1 時間毎の自動計測とした。また、温度センサーの埋設時には、各層の試料をサンプリングした。

写真-2 は、切削後の状況と観測位置のイメージである。完成後には写真に示すイメージで観測が実施される。ここで、当該路線は、片側にのみ歩道が設置された構造であり、逆車線側は路肩幅員が非常に狭くそのまま盛土法面へと続く断面である。このように路肩幅員が狭い盛土部では、凍結や融解水の影響を受け易いことが指摘されており<sup>9)</sup>、路肩の沈下や亀甲状ひび割れが発生する場合も多い。これに対して、歩道は凍上の緩和領域として機能すると考えられている<sup>9)</sup>。そこで以降は、観測位置を説明する際に「歩道側」、「法面側」と称することとする。

## 2.4 サンプリング試料の概要

サンプリングは、表-2 に示すように法面側の路肩部から横断方向に OWP と BWP の 3 個所で深度別に、既設路盤，凍上抑制層，路床に区分して試料を採取した。また、路床については、採土管（100cm<sup>3</sup>）を用いて現場密度および含水比の測定を行った。これは後述する凍上試験の供試体密度を決める目的である。さらに、同表には各試料に対して実施した室内試験項目も示した。なお、OWP と BWP に区分した理由は、交通荷重

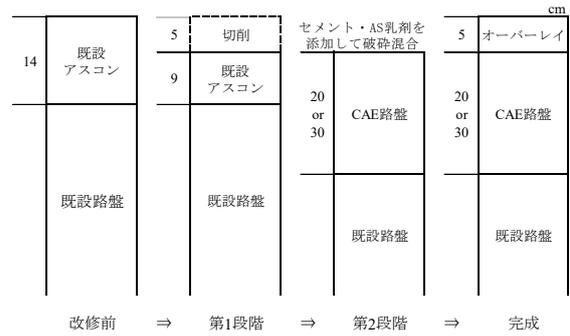


図-1 CAE 工法の施工手順

表-1 試験工区での観測項目

項目	頻度	測定方法	測定箇所等
土中温度	1 時間毎	自動計測	1 工区（代表値）
凍上量	1 回/月	水準測量	横断 69 点/20m
支持力	秋と春	FWD	横断 8 点/20m
平坦性	秋と春	プロファイラ	OWP 1cm ピッチ

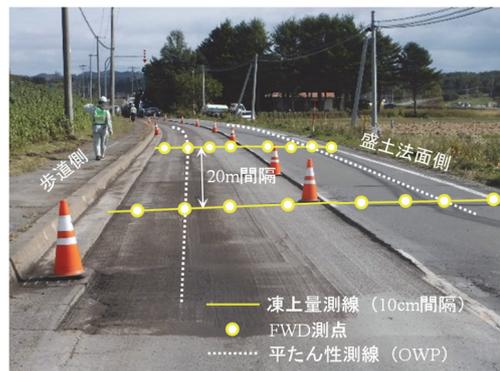


写真-2 切削後の状況(1 工区)と観測位置

表-2 試料のサンプリング位置と実験項目

	BWP (内外輪中間)	OWP (外輪位置)	路肩 (法面側)
既設路盤	粒度 土粒子密度		対象外
	【路盤単体，CAE 路盤】 CBR 試験，NEXCO 型凍上試験		
凍上抑制層	粒度 土粒子密度		対象外
	JGS 型凍上試験		
路床	現場密度		
	粒度 土粒子密度		
	JGS 型凍上試験		

による路盤の細粒化を確認するためである。

図-2 は既設路盤と凍上抑制層の粒径加積曲線である。既設路盤は一般的な 40mm 級の碎石であり、特に車輪位置による細粒化はみられない。つぎに、凍上抑制層は路盤よりも大粒径の割合が多く、一般に凍上抑制層として用いられることが多い 80mm 級の碎石 (C80-0) と考えられる。

図-3 は路肩と路床から採取した土の粒径加積曲線である。両者は目視では判別できない程に酷似しており、図中に示した乾燥密度や含水比も近似していた。さらに、凍上性に影響する細粒分含有率は、両者の差異は少ないと判断した。

以上より、試料の類似性から表-2 に示すように、凍上試験等は、2 種類 (OWP と BWP) の既設路盤および路肩と路床を同一と見なして混合試料を用いることとした。

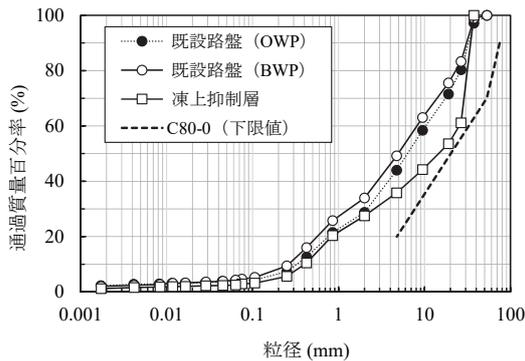


表-3 JGS 法と NEXCO 法の凍上試験の概要

	JGS 法	NEXCO 法 <sup>12)</sup>
冷却方式	上下端面冷媒循環式	上端面冷媒循環式 下端面水温制御式
凍結方法	上端面 0℃固定 下端面温度降下	上端面温度降下(0.03℃/h) 下端面+3℃水温制御
供試体寸法 最大粒径	φ100mm, h50mm 10mm	φ150mm, h125mm 40mm
載荷応力	10kPa	2.78kPa (5kg)
凍結時間	25~50h	144h
評価	凍上速度 (mm/h)	凍上率 (%) と凍結様式
凍上試験後	特になし	融解後の CBR 測定

### 3. 既設舗装の凍上性と CAE 工法の凍上抑制効果

#### 3.1 既設舗装の凍上性

表-4 は既設の舗装各層の凍上試験結果である。ここで、路盤と路床は原粒度の試料を用いているが、凍上抑制層は粗粒分が多く供試体作製が困難であったことから 4.75mm 以下の試料を対象とした。なお、原粒度と大きく異なる点については、凍上の原因となる細粒分の影響がより強調されることから、非凍上性の判定においては有効な結果と考えられる。

同表より、路盤と凍上抑制層は非凍上性である。これに対して、路床土は強凍上性を示しており、2.1 で述べたように、置換厚が不足している本路線では路床の凍上が舗装損傷の主たる原因であると推察される。

#### 3.2 CAE 路盤の凍上性

表-5 は、既設路盤と CAE 路盤の凍上試験および CBR 試験結果である。CAE 路盤の凍上率は、CAE20 で 0.0%、CAE30 で 0.1% と完全な非凍上性材料であり、母材である既設路盤の凍上性をさらに低減した結果である。

つぎに、CBR は、CAE 工法によって路盤単体と比較して飛躍的に増大することが分かる。ただし、凍結融解による影響を示す CBR 保存率 (1 サイクルの凍結融解による低下率) をみると、既設路盤 > CAE30 > CAE20 の順であり、CAE20 では凍結融解により CBR が 25% 程度低下する結果となった。この点については、CBR が 200% 程度と極めて大きな値であることを考慮すれば、若干の低下が舗装に与える影響は軽微と考えられる。

#### 3.3 CAE 工法の凍上抑制効果

今回は母材となる既設路盤が非凍上性であったため、CAE による改良によって凍上抑制効果を生じたと論ずることは難しい。そこで、既往の研究を参考に CAE 工法の凍上抑制効果について考察することとした。

図-6 は、複数の試料で実施された安定処理土の CBR と凍上率の関係<sup>13)</sup>であり、同図に本結果

表-4 既設舗装の凍上試験結果

各層 (凍上試験法)	供試体条件	凍上性	判定
路盤 (NEXCO 法)	4.5kg ランマー 42 回/3 層	1.8 %	非凍上性
凍上抑制層 (JGS 法) (4.75mm 以下)	静的締固め 100kPa	0.01 mm/h	非凍上性
路床 (JGS 法)	静的締固め 現場密度	0.73 mm/h	強凍上性

判定基準：NEXCO 法：5%未満 (非凍上性)

JGS 法：0.1mm/h 未満 (非凍上性)、0.3mm/h 以上 (強凍上性)

表-5 凍上および CBR 試験結果

	既設路盤	CAE20	CAE30
供試体密度 $\rho_d$ (%)	2.083	2.042	2.109
供試体含水比 $w$ (%)	3.4*	2.2	2.2
凍上率 (%)	1.8	0.0	0.1
未凍結 CBR (%)	29.4	251.2	296.0
凍結融解 CBR (%)	26.9	189.2	250.0
CBR 保存率 (%)	91.5	75.3	84.5

※ 自然含水比状態

をプロットしたものである。既往の研究から、凍上性の土質でも CBR を 100%以上まで改良すると、非凍上性（凍上率 5%未満）となることが明らかにされている。仮に凍上性の母材であっても凍結融解後の CBR が 100%以上、もしくは、未凍結条件の CBR で判断する場合は凍結融解による低下率（前述の 25%程度）を考慮して 150%以上を得られるのであれば十分な凍上抑制効果が得られると推察される。

つぎに、直接的に CAE 工法の凍上抑制効果を検証するため、意図的に調整した試料による凍上試験を実施した。図-7 に示す CAE20 の原粒度（CAE20cm 改良の表層アスコンと既設路盤の破碎混合物）を 4.75mm 以下に調整し、これに凍上性の木節粘土を乾燥重量比で 20%と 40%混合した試料を用意した。なお、4.75mm 以下としたのは実験精度と試料の必要量から JGS 法による凍上試験を選択したためである。この混合土に対して、セメントとアスファルト乳剤を混合した CAE 改良土（28 日養生）と未改良土の比較を行った。

結果は表-6 に示すように、CAE 工法によって明らかな凍上抑制効果がみられ、粘土混合率 20%の場合では中凍上性の材料が非凍上性まで改良された。また、粘土分 40%でも非凍上性までには至らないものの同様な抑制効果がみられ、いずれも CAE 工法により凍上性が 40%以上低下する結果となった。

以上より、CAE 工法には明らかな凍上抑制効果が確認されること、また、その効果は凍上試験によって直接的に判定する以外にも、間接的に CBR から判断することも可能と考えられる。

#### 4. 試験工区での原位置観測結果

##### 4.1 当該年度の気象状況と凍結深さ

施工箇所での観測した気温データから求めた凍結指数（積算寒度の最小値）は 434°C・days であった（図-8）。この値による理論最大凍結深さは約 100cm であり<sup>8)</sup>、土中温度から算出した同図の凍結深さとも概ね一致する。凍結深さは、1 月初旬には凍上抑制層を超えて路床に達し、2 月中旬に最大値 93cm を示した。

また、試験年度の凍結指数（434°C・days）は、前述した 10 年確率凍結指数（776 °C・days）と比較して暖冬であったことから、複数年での観測を計画している本検討では、今後さらに厳しい環境での結果が得られることを期待している。

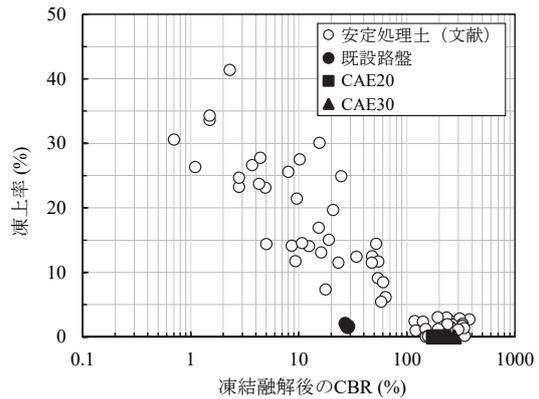


図-6 凍結融解後の CBR と凍上率の関係<sup>13)</sup>

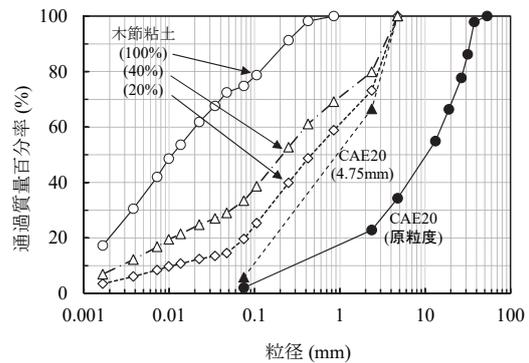


図-7 凍上抑制効果検証の試験試料

表-6 CAE 工法の凍上抑制効果 (JGS 法)

粘土混合率	未改良土 $U_h$ (mm/h)	CAE 改良土 $U_h$ (mm/h)	低下率 (%)
20%	0.20 (中凍上性)	0.08 (非凍上性)	40.0
40%	0.36 (強凍上性)	0.16 (中凍上性)	44.4

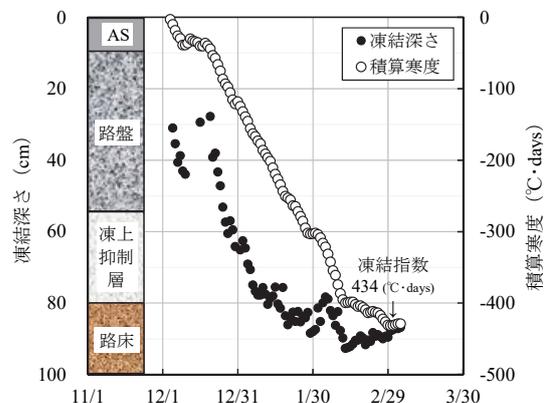


図-8 試験年度の凍結指数と実測凍結深さ

#### 4.2 凍結融解が路面形状に与える影響

図-9は各工区の中央に近い測点における横断面の凍上量の変化である(図-10に縦断方向の位置を示した)。なお、凍上量は、12/19の観測値を基準として、その後の変位を凍上量としている。12/19は凍結が路盤まで到達しているが、本路線の路盤は非凍上材料であることが確認されており、凍上は発生していないものと推測され、初期値としては問題ないと判断する。1/29は路床に凍結が達した直後、2/28は凍結深さが最大を示す頃であり、最終の3/6は融解の初期段階である。

改めて図-9より、各工区の断面形状は特徴的であり、0工区(参考未改修)は全体的に2cm程度一様に凍上しており、3/6時点では融解沈下はみられない。これに対して、今回施工を行った1~3工区は基本的な形状は似ており、盛土法面側の凍上が顕著である。この点は従来から指摘されているように、路肩が狭い盛土部では凍結の影響を受けやすいことを裏付ける結果である。

つぎに、CAE工法の凍上抑制効果が明確にみられ、1工区(CAE30)では、法面側の一部を除き凍上はほぼ抑制されている。2工区(CAE20)は、1/29の時点でCL付近から歩道側に連続的な凍上変位(版状のCAE路盤として変位したと推察される)がみられる。しかし、その凍上量は1cm程度と微小であること、3/6の融解初期の段階で初期の路面形状まで復元していることから、CAE路盤の剛性が凍上抑制に寄与した可能性が高い。

オーバーレイのみの改修である3工区は、CL付近の凍上量が大きいと典型的な凍上による路面形状が確認された。オーバーレイのみの3工区は、抵抗する路盤の剛性が期待できないため、路床の凍上変位がそのまま路面形状に反映されたものと考えられる。一方で凍上量は1cm弱の小さな値であり、表層以外は同一構造の0工区と比較すると、オーバーレイも一定の凍上抑制効果があるといえる。ただし、CAE工区も含め凍上抑制効果の持続性を確認することが重要であることから、今後も継続的な観測が必要である。

つぎに、縦断方向の路面形状を小型プロファイラにより施工直後(秋11/4)と融解初期(春3/7)でOWPに対して測定した。なお、本プロファイラでの測定は、レベル測量により始終点を補正することで精度を高めている<sup>14)</sup>。図-10は、凍上の影響が顕著であった法面側を例に挙げ、施工直後(秋)から融解初期(春)までのプロファイルの変化を越冬による路面の変動量として表したもので、正が凍上による隆起、負が凍上箇所への水分集積による沈下(脱水圧密)と考えられる。なお、同図には変動量の標準偏差( $\sigma$ )も併記した。

0工区(未改修)は経年劣化による路面の損傷が含まれるため細かな変動が多く、 $\sigma$ も9.52mmと最大であった。 $\sigma$ が8.54mmと次いで大きいのが、表層以外の構造が同一な3工区(オーバーレイ)であり、両工区ともに越冬によって平坦性が悪化している。これに対してCAE工区の路面変動は小さく、特に1工区(CAE30)では、 $\sigma$ が最小(4.04mm)となり凍上抑制効果が高い

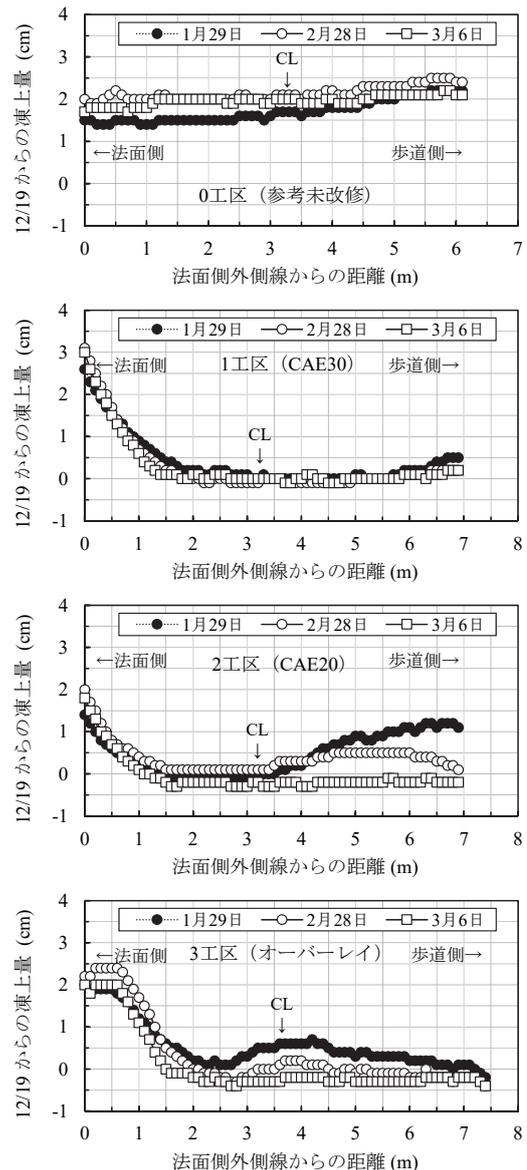


図-9 横断面の凍上量の経時変化

ことが示された。

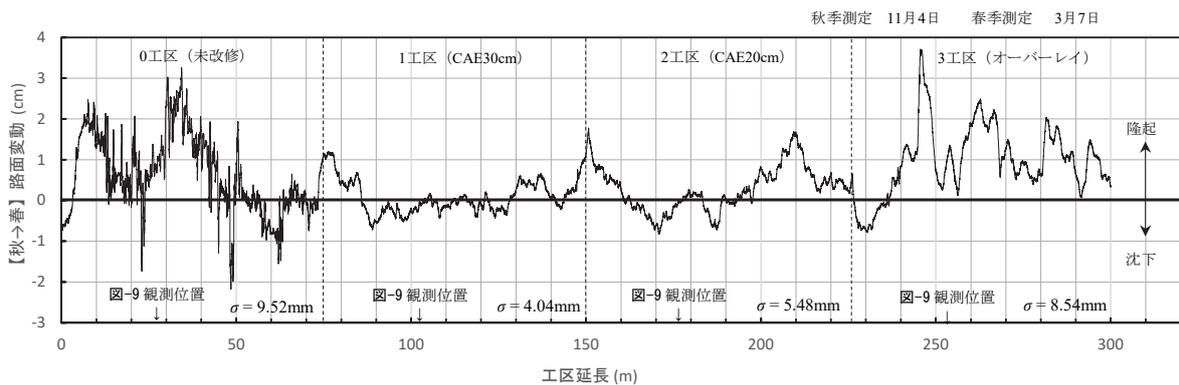


図-10 越冬後のプロファイルの変化量(法面側)

#### 4.3 凍結融解が舗装の支持力特性に与える影響

室内試験および路面形状の観測から CAE 工法には一定の凍上抑制効果があることが確認された。この節では FWD の結果から、凍結融解による支持力低下に着目して CAE 工法の効果について考察する。

図-11 は、初期値(施工前)として計測した外側線位置での  $D_0$  たわみ量である。この関係から、歩道側のたわみ量が小さいことが明らかであり、図-9 で示した法面側で卓越する凍上量の関係と併せて歩道の凍上緩和効果が現れている。換言すれば、法面側がより凍上の影響を受けやすいことを示しており、法面側の路肩に凍結融解が原因のひび割れや沈下が多いとする従来の指摘とも整合する。これを踏まえて、歩道の有無のような横断構造の違いが支持力特性に影響を与えることを前提に、CAE 工法の効果を確認することが重要であると考えられる。

図-12 は、法面側と歩道側の OWP で計測した各工区(4点平均)の  $D_0$  たわみ量の季節変化である。OWP を例としたのは、外側線に近く平坦性の測線とも一致するためである。施工前のたわみ量は 3 工区を除き、前述したように法面側が総じて大きい。両側とも改修後は、CAE 工法によりたわみ量が大幅に改善されおり、特に CAE30 の効果が非常に高い。つぎに、CAE20 も効果は明確であるものの、CAE30 と比較して融解期の増加傾向がみられるため、経年的な変化を継続的に観測する必要がある。また、オーバーレイ(3 工区)にも一定量のたわみ低減効果がみられることから、図-9 に示した凍上量の抑制(0 工区との比較)に寄与したものと考えられる。ただし、オーバーレイの効果が長期に期待できるかは懐疑的である。

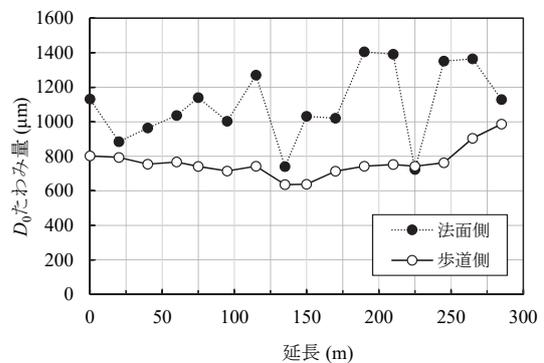


図-11 外側線位置の  $D_0$  たわみ量(施工前)

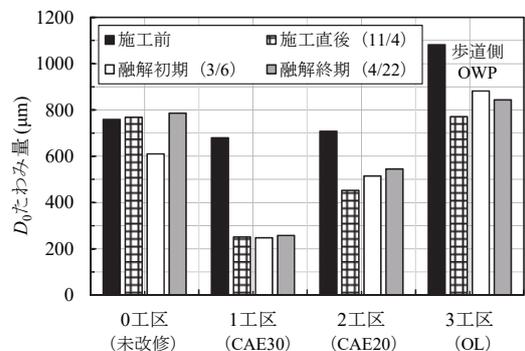
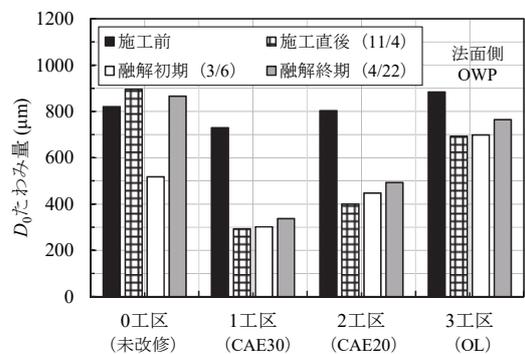


図-12 法面側と歩道側の  $D_0$  たわみ量の変化

## 5. まとめ

凍上被害が確認された道路において路上路盤再生工法（CAE 工法）を施工し、冬期の動態観測ならびに原位置試料による室内試験から、寒冷地における CAE 工法の適用について考察した。結果は以下のとおりである。

- ・ 凍上試験から CAE 路盤は完全な非凍上性材料であることが確認された。
- ・ CAE 工法によって CBR は飛躍的に増大し、200%以上に改良された。ただし、CAE20 では凍結融解による影響で CBR が 25%程度低下した。
- ・ 既往の研究を参考にすると、CAE 工法により凍結融解後の CBR が 100%（未凍結 CBR なら 150%）以上まで改良されれば十分な凍上抑制効果が期待できる。
- ・ 原位置観測から全区で凍上が観測され、盛土法面側の凍上が顕著であった。
- ・ 原位置においても CAE 工法には明確な凍上抑制効果が確認され、CAE 路盤の剛性が凍上抑制に寄与した可能性が高いと考えられた。
- ・ CAE 工区の平坦性は越冬後も良好であり、特に CAE30 の効果が高いことが示された。
- ・ FWD による  $D_0$  たわみ量は、歩道側で小さく法面側で大きくなり、法面側の路肩に凍結融解による損傷が多いとする従来の指摘とも整合していた。
- ・ CAE 工法によって、たわみ量は大幅に改善され、特に CAE30 の効果が高いことが示された。CAE20 も効果は明確であるものの、融解期に増加する傾向がみられるため、経年的な変化を意識して継続的な観測が必要である。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会(2010)：舗装再生便覧（平成 22 年度版），丸善出版（株），pp.63～90
- 2) 田村裕二（2014）：広域農道における舗装補修時の長寿命化への取組事例 一舗装調査から補修工法選定一，農村道路研究部会報，第 24 号，pp.57～62
- 3) 海野寿康（2020）：セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤の非排水繰返しせん断挙動，土木学会論文集 E1，Vol.76，No.1，pp.12～17
- 4) 越健太郎（2012）：中央混合方式 CAE 混合物の液状化被害低減に関する検討，土木学会第 67 回 年次学術講演会，V-352，pp.703～704
- 5) 川端伸一郎（2020）：凍上被害箇所における路床土の地盤工学的性質とその評価，土木学会論文集 E1，Vol.76，No.2，pp.I\_151～I\_158
- 6) 川端伸一郎（2012）：粒状路盤材の支持力特性に及ぼす凍結融解履歴の影響，土木学会論文集 E1，Vol. 68，No.3，pp.I\_115～I\_122
- 7) 安倍隆二（2009）：積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の厳冬期および融解期のひずみ特性，土木学会舗装工学論文集，第 14 巻，pp.147～154
- 8) 日本道路協会（2009）：道路土工要綱，丸善出版（株），pp.210～211
- 9) 川端伸一郎（2012）：寒冷地におけるアスファルト舗装道路の凍上被害と技術的課題，農業農村工学会誌「水土の知」，Vol.80，No.6，pp.9～12
- 10) 地盤工学会（2009）：凍上性判定のための土の凍上試験，JGS0172-2009
- 11) 日本道路公団（2001）：φ 150 法による土の凍上試験方法，JHS-112-2001，pp.287-297.
- 12) 川端伸一郎（2013）：土の凍上性評価に与える凍結方法および供試体寸法の影響，土木学会論文集 E1，Vol.69，No.3，pp.I\_191～I\_198
- 13) 川端伸一郎（1997）：石灰系固化材を用いた安定処理土の強度と凍上性，農業土木学会論文集，Vol.65，No.6，pp.105～111
- 14) 秋本隆（2001）：ポータブル型路面プロファイル測定装置の開発，舗装，Vol.36，No.8，pp.3～

## 部 会 資 料

## 農業農村工学会農村道路研究部会代表幹事及び事務局

(令和2年12月現在)

### [部会長]

北海道科学大学 工学部 教授 川端 伸一郎

### [副部会長]

新潟大学 自然科学系(農学部) 教授 鈴木 哲也

### [会計審査代表幹事]

高知大学 農学部 准教授 佐藤 周之

### [常任代表幹事]

北里大学 獣医学部 助教 島本 由麻

宮城大学 食産業学群 教授 北辻 政文

鳥取大学 農学部 教授 緒方 英彦

東京農業大学 地域環境科学部 教授 竹内 康

東京農業大学 地域環境科学部 教授 川名 太

明治大学 農学部 准教授 服部 俊宏

同志社女子大学 生活科学部 准教授 齋藤 朱未

鳥取大学 農学部 准教授 兵頭 正浩

鹿児島大学 農学部 助教 平 瑞樹

愛媛大学 農学部 教授 武山 絵美

弘前大学 農学生命科学部 教授 森 洋

鹿児島大学 農学部 助教 平 瑞樹

農研機構農村工学研究部門 施設工学研究領域 主任研究員 川邊 翔平

(社)地域環境資源センター 農村環境部 部長 渡邊 雅彦

全国土地改良事業団体連合会 システム開発部 部長 赤倉 正弘

鹿島道路株式会社 技術研究所 副所長 坂本 康文

農林水産省 農村振興局 整備部 設計課 室長 志村 和信

農林水産省 農村振興局 整備部 地域整備課 農村整備調査官 山下 功

農林水産省 農村振興局 整備部 地域整備課 農村整備計画班 課長補佐 後藤 誠一

農林水産省 農村振興局 整備部 地域整備課 (農道担当) 課長補佐 上野 豊

農林水産省 農村振興局 整備部 地域整備課 (農道担当) 係長 丹野 和弥

## 発表課題一覧

### 第1回農村道路研究討論集会(平成3年度)

1. 安富 六郎 東京農工大学 「21世紀をめざす農村道路の整備－転換期にある農道・農村道路－」
2. 御前 孝仁 構改局開発課 「農道整備の現状と課題」
3. 谷口 建 専大北海道短大 「農産物物流と基幹的農道の整備」
4. 楠 智宏 福島県 「徳江大橋の設計施工について－福島県広域農道伊達地区－」
5. 雪竹 清光 長崎県 「長崎県島原半島に於ける広域農道計画とその施工事例及び効果について」

### 第2回農村道路研究討論集会(平成4年度)

#### <特定課題:橋梁>

1. 小林 勤 農用地整備公団 「補強土橋台の設計・施工と挙動観測」
2. 福島 英次 沖縄県 「来間大橋の基礎地盤と下部工の施工について」
3. 青木 茂治 新農村開発センター 「斜張橋の農道橋への適用」

#### <自由課題>

1. 藤森 新作 農業研究センター 「広域農道における一般交通の流入実態について」
2. 谷山 一郎 農業研究センター 「地域分析による広域農道の生産・生活環境への影響評価について」
3. 木村 和弘 信州大学 「農作業事故と農道-山間急傾斜地の農道周辺での危険性-」
4. 秀島 好昭 北海道開発局 「ジオテキスタイルを用いた凍上クラック防止試験工事」
5. 谷口 建 専大北海道短大 「農道路面の積雪が凍結深に及ぼす影響」
6. 藤井 卓 東京農工大学 「炭素繊維・セメント複合体の凍結融解抵抗性について」
7. 西村 拓治 日本舗道(株) 「防塵対策を考慮した農村道路での路床改良－“テフロン”処理防塵固化材「テフイクス」使用－」
8. 牧 恒雄 東京農業大学 「歩道舗装材の選定法について」

### 第3回農村道路研究討論集会(平成5年度)

#### <特定課題:環境に配慮した農道整備>

1. 湯浅 眞介 農村環境整備センター 「農道の環境整備計画について」
2. 北沢 忠孝 長野県 「景観に配慮した農道整備事業」
3. 神谷 一正 福岡市 「環境に配慮した農道整備－勝馬地区－」
4. 牧 恒雄 東京農業大学 「新しい農道整備のあり方」
5. 菊池 信夫 岡三興業(株) 「環境と景観を配慮した多数アンカー式擁壁工法」

#### <自由課題>

1. 佐々木康雄 全土連 「農道管理の実際研究」
2. 今井 敏行 農業工学研究所 「農道の交通安全対策について」
3. 石井 和樹 農用地整備公団 「地すべり対策工の施工とその後の経過観測について」
4. 田和 貢 島根県 「『南神立橋』架橋工事について」
5. 鈴木 史郎 山形県 「トンネル坑口部の地すべり対策について」
6. 園城 典雄 世紀東急工業(株) 「忌避剤あるいは除草剤を加熱アスファルト混合物等に混入した防草舗装」

#### 第4回農村道路研究発表会(平成6年度)

##### <特定課題:農道の多面的機能>

1. 松本 精一 農村環境整備センター 「農道の環境整備—多面的な機能発揮のために」
2. 西澤 敏之 北海道 「農道の多面的機能について」
3. 稲垣 昇 岐阜県 「広域農道郡上北部地区と農村活性化について」
4. 西村 寿 京都府 「地域の雇用促進に役立つ中丹地区の農道整備事業」

##### <自由課題>

1. 森田 利治 都築電気(株) 「マルチメディアと農道」
2. 一戸 孝之 全土連 「農道の安全管理について」
3. 谷口 建 弘前大学 「ドイツにおける農道整備—事例調査—」
4. 鈴木 純 信州大学 「山間高冷地に建設された PC 箱桁橋の冷却特性」
5. 森光 俊樹 広島県 「『大芝大橋』の設計と施工について」
6. 仲西 康幸 農用地整備公団 「マサ土地帯における法面植生工について」
7. 瀧上 学 鹿島道路(株) 「舗装技術に関する最近の動向について」

#### 第5回農村道路研究発表会(平成7年度)

##### <特定課題:地域整備と農道整備>

1. 上瀧 芳隆 構造改善局 「地域整備と農道計画」
2. 松本 精一 農村環境整備センター 「広域農道の環境整備の事例」

##### <自由課題>

1. 矢橋 晨吾 千葉大学 「うるおい施設の分類と特徴」
2. 今井 敏行 北陸農業試験場 「農道における交通安全対策に係わる問題点」
3. 日高 正人 農用地整備公団 「広域的連絡農道整備のあり方—地域活性化に与える農道の開発効果—」
4. 堀家 茂一 熊谷組(株) 「テルソルグリーン工法」
5. 佐藤 祥一 大成ロテック 「農道における凍結抑制舗装の適用性」
6. 柴田 隆哉 前田道路(株) 「アスファルト舗装の維持修繕工法と材料」
7. 高階 大輔 神奈川県 「ジオグリッドによる高盛土補強工法について」
8. 小橋 成行 奈良県 「願いが叶う『賀名生大橋』—五条吉野広域農道のシンボル賀名生大橋の概要について—」
9. 定由 邦裕 福井県 「軟弱地盤における工法検討について」

#### 第6回農村道路研究発表会(平成8年度)

##### <特定課題:農道整備事業の効果及び評価>

1. 山田 哲郎 農用地整備公団 「広域的期間農道整備における事業評価事例—地域住民の利用度を中心として—」
2. 鈴木 保文 青森県 「広域農道の地域振興と波及効果の事例について」
3. 野尻 孝 富山県 「農道の効果についての試案」

##### <基調講演>

1. 金井 道夫 構造改善局 「農道のめざすべき方向」

##### <自由課題>

1. 白岩 隆己 日本大学 「印旛沼地域における農道の現状と問題点」
2. 野々垣 熙 岐阜県 「農道東ノ山トンネル新設工事」
3. 須藤 修司 群馬県 「農村のみち環境整備の創造にむけて『ふるさとみかぼライン』づくり」
4. 佐藤 祥一 大成ロテック(株) 「農道環境整備と舗装新工法」
5. 小松 健夫 伊藤忠テクノサイエンス 「広域農道のコンピューターによる道路設計」

## 第7回農村道路研究発表会(平成9年度)

### <特定課題:農道の効果と環境>

1. 石坂 邦美 農村環境整備センター 「農道環境保全調査とその指針案の概要」
2. 岡村 高司 愛知県 「広域農道知多半島地区の効果と環境」
3. 棚橋 康人 岐阜県 「飛祐の農業振興と農道整備事業の果たす役割」

### <自由課題>

1. 東 時則 佐賀県 「Fe石灰(サンドイッチ)工法による軟弱な地盤の路床改良」
2. 佐藤 祥一 大成ロテック(株) 「天然石舗装における新工法(インジェクト工法)」
3. 加形 護 鹿島道路(株) 「コスト縮減とリサイクルを考慮した農道舗装修繕工法  
—路上再生路盤工法—」
4. 松本 伸介 岡三興業(株) 「補強土工法による農道整備事業のコスト縮減(効果)策」
5. 矢橋 晨吾 千葉大学 「ドイツにおける農道の修景施設」

## 第8回農村道路研究発表会(平成10年度)

### <特定課題:農道整備と物流の効率化>

1. 谷口 建 弘前大学 「農産物物流と農道整備」
2. 谷本 岳 農業工学研究所 「農産物物流の効率化の方策について」
3. 佐々木 剛 岩手県 「岩手県の農産物の物流と農道整備の位置づけ」

### <自由課題>

1. 藤森 竜一 北里大学 「農道における交通事故発生地点の特色について」
2. 川原 秀樹 岡三興業(株) 「補強土壁に用いる部材の品質とコスト縮減効果」
3. 菊地 和明 福島県 「農道離着陸場の現状と課題  
～福島飯坂地区:ふくしまスカイパーク～」
4. 桑原 一登 構造改善局 「土地改良事業計画設計基準「農道」改定について」

## 第9回農村道路研究発表会(平成11年度)

### <特定課題:農道による地域振興>

1. 池田 俊文 石川県 「中能登農道橋と地域振興 私たちの夢を託すツインブリッジ」

### <自由課題>

1. 芦沢 健 (株)熊谷組 「中能登農道橋(長大PC斜張橋)の施工」
2. 小島 逸平 (株)ガイアートクマガイ 「景観と環境を考慮した舗装工法」
3. 松原 英治 緑資源公団 「羽咋区域農業用道路の環境対策」
4. 竹村 武士 農業工学研究所 「農道橋のエネルギー・CO<sub>2</sub>削減効果の検討」
5. 谷本 岳 農業工学研究所 「農道走行車両の旅行速度について」
6. 今井 敏行 北里大学 「農村道路における事故発生地点の分布と事故発生要因について」

## 第10回農村道路研究発表会(平成12年度)

### <自由課題>

1. 蘭 嘉宜 農業工学研究所 「農道の舗装の設計に関する考察」
2. 橋本 修治 日本道路(株) 「景観と環境に配慮した特殊舗装」
3. 山埜井明弘 鹿島道路(株) 「農道舗装の環境保全・コスト縮減を考慮した修繕方法  
—フォームドアスファルト工法—」
4. 上杉 章雄 飛鳥建設(株) 「表土を配合した客土吹付工について」
5. 伊賀 啓文 緑資源公団 「直入庄内区域農業用道路に対する期待と役割」
6. 今井 敏行 北里大学 「農村道路における危険地点の把握と走行状況の特色」
7. 矢橋 晨吾 千葉大学 「ドイツ・バイエルン州における農道整備」

### 第11回農村道路研究発表会(平成13年度)

#### <特定課題:農道事業とゼロエミッション>

1. 牧 恒雄 東京農業大学 「農道事業とゼロエミッション」

#### <自由課題>

1. 山下 雄志 緑資源公団 「下北中央地区農業用道路の軟弱地盤対策工について」  
2. 今井 敏行 北里大学 「広域農道における交通量と事故発生について」  
3. 小櫃 一巳 飛鳥建設(株) 「新しい張出架設作業車を用いた橋梁合理化施工」  
4. 海保 豊 前田道路(株) 「伐採樹木処理システムの開発」  
5. 佐藤 祥一 大成ロテック(株) 「環境保全に配慮した舗装」  
6. 児玉 孝喜 鹿島道路(株) 「急勾配農道箇所への転圧コンクリート舗装の適用について」

### 第12回農村道路研究発表会(平成14年度)

#### <特定課題:農道整備の効果と整備後の評価>

1. 大澤 哲夫 岐阜県 「広域農道整備事業の事後評価について～公共事業の効率的な執行と透明性の一層の向上を目指して～」

#### <自由課題>

1. 加藤 寛道 鹿島道路(株) 「景観に配慮した道路構造の開発～ハイブリッド型浸透性コンクリート舗装～」  
2. 佐藤 祥一 大成ロテック(株) 「スリップフォーム工法の農道への適用性」  
3. 江向 俊文 東京農業大学 「セミホット型アスファルト混合物について～環境負荷軽減およびコスト削減への取り組み～」  
4. 関根 邦宏 東京農業大学 「廃タイヤリサイクル材を用いたハンプ周辺の振動特性」  
5. 今井 敏行 北里大学 「水田地帯の農村道路における交通危険要因の解明」

### 第13回農村道路研究発表会(平成15年度)

#### <特定課題:広域農道の見直しについて>

1. 斎藤 正弘 福島県 「広域農道東白川地区の見直しについて」

#### <自由課題>

1. 鈴木 真一 緑資源機構 「農業開発道路完成後の効果発現に関する一事例」  
2. 青木 正雄 日本大学 「神奈川県西部地域における農業と農村道路の変遷」  
3. 今井 敏行 北里大学 「中山間地域の農村道路における危険地域の特色と危険要因の解明」  
4. 竹内 康 東京農業大学 「A 交通断面アスファルト舗装の疲労破壊に関する一検討」  
5. 上田 広 世紀東急工業(株) 「凍結抑制舗装『ザペック工法タイプ G』」  
6. 水野 正純 大成ロテック(株) 「農道空間を利用した雨水等の地下空隙貯留工法の検討」

### 第14回農村道路研究発表会(平成16年度)

#### <特定課題:テールアルメ工法について>

1. 太田 均 JFE 商事(株) 「テールアルメ工法 最新設計法の解説」  
2. 松澤 佳一 JFE 商事(株) 「現場から学ぶ補強土壁工法の留意点」

#### <自由課題>

1. 稲葉 七生 ㈱NIPPO CORP. 「環境負荷を軽減する舗装技術 薄層エスマック, FRB 工法」  
2. 川口 洋 東亜道路工業(株) 「タックコート用改質アスファルト乳剤」  
3. 山埜井明弘 鹿島道路(株) 「情報化(IT)技術による建設機械自動制御システム～三次元マシンコントロールシステム～」

### 第15回農村道路研究発表会(平成17年度)

#### <特定課題:エコロード>

1. 亀山 章 東京農工大 「エコロード『生き物にやさしい道づくり』」

#### <自由課題:環境・生態に配慮した農道>

1. 鈴木 秀輔 大成ロテック(株) 「排水性舗装リサイクル技術の農道への適用」  
2. 廣藤 典弘 世紀東急工業(株) 「環境への影響を考慮した凍結抑制舗装について」  
3. 吉武美智男 東亜道路工業(株) 「環境に配慮したアスファルト乳剤を用いた舗装技術  
～農道に適用可能な維持舗装工法の紹介～」  
4. 坂口 陸男 日本道路(株) 「マグネシウム系セメントを用いた環境に優しい土系舗装と  
木質系舗装～マグフォーミック, レインボーウッド Mg～」  
5. 遠藤 哲雄 鹿島道路(株) 「木質系舗装の施工事例」

### 第16回農村道路研究発表会(平成18年度)

#### <基調講演>

1. 中川 浩二 臨床トンネル工学 「道路トンネルの施工と管理」  
研究所

#### <講演>

1. 鈴木 雅行 ㈱間組 「トンネルの設計と施工」  
2. 河上 清和 五洋建設(株) 「トンネルの施工管理の実態」  
3. 武内 秀木 臨床トンネル工学 「新しいトンネル安定化工法」  
研究所

#### <技術報告>

1. 福井県嶺南振興局農村整備部 「若狭西街道におけるトンネル施工事例」

### 第17回農村道路研究発表会(平成19年度)

#### <特定課題:農道の性能設計について>

1. 瀬戸 太郎 農林水産省 「農道の性能設計について」

#### <自由課題>

1. 鎌田 修 鹿島道路(株) 「舗装の薄層補修新工法ーヒートスティック工法についてー」  
2. 板東 芳博 世紀東急工業(株) 「農村道路における保水性舗装の適用について」  
3. 飯塚 康二 東亜道路工業(株) 「アスファルト乳剤工法を用いた軽交通路の維持修繕例」  
4. 小田喜隆二 東京農業大学 「路床の CBR と三軸圧縮特性に関する実験的研究」  
5. 竹内 康 東京農業大学 「凍結指数分布からみた農道用アスファルト舗装のひび割れ  
発生形態」

### 第18回農村道路研究発表会(平成20年度)

#### <特定課題:農道の経済効果について>

1. 米本 正弘 農林水産省 「農道の経済効果について」

#### <自由課題>

1. 金井 利浩 鹿島道路(株) 「環境にやさしい路上路盤再生工法ーセメントスラリーを用いたCFA 安定処理路盤工法についてー」  
2. 荒尾 慶文 日本道路(株) 「予防的維持工法としての表面処理工法ーフォームドドレッシング工法ー」  
3. 江向 俊文 前田道路(株) 「薄層用ポーラスアスファルト混合物によるオーバーレイ工法ー薄層ドレーンミックス工法についてー」  
4. 田村 祐二 ニチレキ(株) 「枯損木を活用したウッドチップ舗装(アスウッド舗装)の試験  
施工ー三宅島における施工事例ー」  
5. 清水 忠昭 福田道路(株) 「天然重曹を使った安全・安心な除草技術」

### 第19回農村道路研究発表会(平成21年度)

#### <特定課題:農業農村振興に果たす農道の役割～農道の保全・活用を中心に～>

1. 坂本 均 青森県 「農業・農村振興と農道の役割 ～弘前南部地区広域農道を例として～」
2. 矢来 正巳 石川県 「能登島の地域振興～広域農道の役割と活用～」
3. 佐藤 光 静岡県 「農村振興に寄与する農道整備の一考察」

#### <招待論文>

1. 村井 貞規 東北工業大学 「魅力的な街並みとは」
2. 上杉 直樹 横浜市 「横浜市のアセットマネジメントによる舗装管理の導入経緯と現状」

#### <自由課題>

1. 谷口 博 前田道路(株) 「常温施工が可能なアスファルト混合物「マイルドミックス」の開発」
2. 遠藤 哲雄 鹿島道路(株) 「多機能路面性状測定車による平坦性の簡易評価に関する検討」
3. 駒形 望 ニチレキ(株) 「効率的な農道舗装管理のための簡易的調査手法」

### 第20回農村道路研究発表会(平成22年度)

#### <特定課題:農村道路の機能保全>

#### <招待論文>

1. 上屋 昭人 鹿児島県 「鹿児島県の農道保全の取り組みについて」

#### <研究論文>

1. 緒方 英彦 鳥取大学 「農道の設計および機能保全における自動車荷重の一考察」
2. 竹内 康 東京農業大学 「舗装の機能保全のための破損同定法の提案」
3. 細川 吉晴 宮崎大学 「農村道路における沿道景観の注視点による景観評価」

#### <技術報文>

1. 伊澤 晃 岐阜県 「福岡大橋の橋梁耐震対策について」
2. 坂本 康文 鹿島道路(株) 「ほ場内農道舗装の維持修繕について」
3. 尹 恢允 グリーンアーム(株) 「軽交通舗装道路への路上加熱薄層処理工法の適用」

### 第21回農村道路研究発表会(平成23年度)

#### <特定課題:農道のストックマネジメント>

#### <招待論文>

1. 笠原 篤 北海道工業大学 名誉教授 「舗装マネジメントシステム」

#### <研究論文>

1. 干場 勝 富山県 「橋梁自主点検の事例紹介」
2. 中島 裕一 長崎県 「緊急輸送道路における橋梁の耐震対策—広域農道雲仙グリーンロード地区—」
3. 佐藤 俊一 北海道 「北海道における農道保全(舗装修繕)の取り組み」
4. 岡本 晃一 岡山県 「農道橋の点検・診断手法」

## 第22回農村道路研究発表会(平成24年度)

### <特定課題:農道橋の保全対策計画策定にあたっての課題と対応策>

#### <基調講演>

1. 熊谷 政行 (独)土木研究所 「北海道における道路舗装の予防保全」  
寒地土木研究所

#### <事例報告>

1. 流石 富夫 山梨県 「金川曾根広域農道における隧道の保全対策」
2. 平岡 亮太郎 大阪府 「既設農道橋における耐震対策の施工  
～広域農道金剛地区での事例～」
3. 谷口 博 前田道路(株) 「全天候型高耐久常温合材『マイルドパッチ』の開発  
ー加熱アスファルト混合物と同等の耐久性を有した  
常温合材ー」
4. 池田 省吾 ニチレキ(株) 「農道保全調査法の提案」
5. 中村 正則 (財)土木研究 道路橋の長寿命化について  
センター (鋼橋の部分塗替え塗装など)

## 第23回農村道路研究発表会(平成25年度)

### <特定課題:農道の点検と農道橋の耐震化について>

#### <基調講演>

1. 山野辺慎一 (株)鹿島建設 「農道の点検と農道橋の耐震化について」

#### <事例報告>

1. 田中英作 長崎県 「広域農道雲仙グリーンロードにおける耐震対策の実施  
状況」
2. 大田幸治 広島県 「広島県における農道保全対策の取組について」
3. 山口真二 (株)ミルコン 「プレキャストコンクリートによる小型橋梁の付け替え技術  
ー小規模橋梁の点検と補修・修繕工事についてー」

## 第24回農村道路研究発表会(平成26年度)

### <特定課題:農道の長寿命化について>

#### <基調講演>

1. 田尻 淳 農林水産省 「農道の長寿命化について」
2. 酒井 俊典 三重大学大学院 「農道の長寿命化に資するグラウンドアンカー工法の維持管理」

#### <研究論文>

1. 川端伸一郎 北海道科学大学 「 $n$ 年確率凍結指数の合理的決定法とその地域特性」
2. 山岸俊太郎 新潟大学大学院 「AE法による既設コンクリート道路橋床版部の  
損傷度評価に関する実証的研究」
3. 川名 太 東京農業大学 「広域を対象とした舗装の荷重支持性能の  
調査方法に関する検討」

#### <技術報文>

1. 吉本 徹 (社)セメント協会 「早期交通開放コンクリート舗装1DAY PAVEの農道への適用」
2. 青木 政樹 大成ロテック(株) 「農村道路の舗装における維持修繕工法に関する研究」
3. 稲葉 一成 新潟大学 「グリズリアンダー材の特性に合った農道敷砂利工法の開発」
4. 五傳木 一 鹿島道路(株) 「農地輪換利用保全工法の適用に向けた実証実験」
5. 田村 祐二 ニチレキ(株) 「広域農道における舗装補修時の長寿命化への取組事例  
ー舗装調査から補修工法選定ー」
6. 橋本 知彦 福島県 「福島県の農道施設点検実施状況について」
7. 國井 雅彦 岐阜県 「農道橋の耐震補強の事例報告  
ー広域農道 水の里花橋 施工事例ー」

第1回材料施工部会・農村道路研究部会 合同研究集会【第25回農村道路研究発表会(平成27年度)】

＜特定課題:農道の長寿命化に向けた保全対策について＞

＜招待論文＞

1. 竹沢 良治 富山県土地改良事業 団体連合会 「ストックマネジメントや資産評価の対応を考慮した  
土地改良施設管理台帳の構築事例」
2. 川名 太 東京農業大学 「農道の維持管理に資する FWD 試験データの有効的な  
活用方法に関する検討」
3. 渡邊 一弘 (国研)土木研究所 「アスファルト舗装各層の構造的健全度低下過程  
に関する実験的検証」

＜研究論文＞

1. 緒方 英彦 鳥取大学 「冬期積雪が低木街路樹の損傷に及ぼす影響」
2. 稲葉 一成 新潟大学 「地すべり防止施設の老朽化実態と施設機能診断の試み  
－新潟県丸山地区における鋼製集水井での事例－」
3. 山岸俊太郎 新潟大学大学院 「たわみ共振現象に着目した鉄筋コンクリート表層の  
欠陥検出に関する研究」

＜技術報文＞

1. 城本 政一 大成ロテック株式会社 「路面プロファイルの経時変化が舗装の支持力に与える  
影響に着目した道路管理に関する研究」
2. 菅野 靖幸 北海道庁 「農道保全で実施したコスト縮減改良型路上路盤再生工法  
(根室スペシャル)について」
3. 代田 拓也 福井県 「農道保全対策の事例報告 ～通作条件整備(保全対策型)  
坂井北部地区施工事例～」

第26回農村道路研究発表会(平成28年度)

＜特定課題:農道管理主体としての市町村について＞

＜招待論文＞

1. 濱井 和博 山梨県北杜市 産業観光部次長 「北杜市における農道管理について」
2. 上田 健史 兵庫県但馬県民局 「豊岡市による広域農道の管理と保全対策の取り組みについて  
青山 正義 兵庫県農政環境部 - 市による広域農道管理の実態と問題点 - 」

＜研究論文＞

1. 鈴木 哲也 新潟大学 「AE パラメータを援用したコンクリート橋梁部材を  
対象とした非破壊損傷同定に関する実験的研究」
2. 島本 由麻 新潟大学大学院 「AE エネルギー指標に基づく道路橋 RC 床版部の  
蓄積損傷の同定に関する研究」

＜技術報文＞

1. 高馬 克治 青森ニチレキ(株) 「農道における調査技術を活用した舗装の設計」
2. 五傳木 一 鹿島道路(株) 「非破壊試験機による農道舗装の診断に向けた取り組み」

## 第27回農村道路研究発表会(平成29年度)

### <特定課題:農道のストック効果>

#### <招待論文>

1. 成松克彦 宮崎県西臼杵支庁 農政水産課 「中山間地域の活性化を担う「神話アグリロード」  
— 広域営農団地農道整備事業「西臼杵」地区の事例 —
2. 服部智明 島根県農林水産部 農地整備課農道整備グループ 「島根県における農道整備事業の実施状況について  
— 県営農道整備事業における課題 —

#### <研究論文>

1. 周藤 将司 松江工業高等専門学校 「耐凍害性を有する歩車道境界ブロックの開発に向けた基礎的研究」
2. 島本 由麻 新潟大学大学院 「道路橋 RC 床版より採取したコンクリート・コアの損傷度評価の試み」
3. 加地 弘奈 鳥取大学農学部 「農道アスファルト舗装にスギナが繁茂した原因評価に関する一研究」

## 第28回農村道路研究発表会(平成30年度)

### <特定課題:農道のストック効果>

#### <招待論文>

1. 平 瑞樹 鹿児島大学農学部 「現場発生土とリサイクル資材を混合した土の工学的性質と路盤・路床への有効利用」
2. 兵頭 正浩 鳥取大学農学部 「農村道路とパイプラインの配置からの一考察— 緊急時の対策の観点から —
3. 島本 由麻 北里大学獣医学部 「グリーンインフラとしての農業農村基盤の位置づけ - 農村道路の機能 -」

#### <調査研究報告>

1. 徳永 智子 熊本県農林水産部 農地整備課 「熊本地震における農道の迂回路としての使用状況等報告」
2. 西川 泰貴 三重県農業基盤整備課 「三重県の農道の緊急輸送道路への活用について」
3. 今 泰浩 青森県三八地域県民局地域農林水産部 「八戸市における津波避難道路の指定について」
4. 片野 海 新潟県農地部 農地整備課 「新潟県における農道橋の老朽化と保全管理」
5. 渡邊 剛 鹿児島大学大学院 農学研究科 「しらすを混合した軽量ブロック材の物理的特性と遮熱効果」

### 第29回農村道路研究発表会(令和元年度)

<特定課題:スマート農業の普及・地域活性化に寄与する農村道路・基盤整備のあり方>

#### <招待論文>

1. 空 周一 農林水産省 「スマート農業の普及・地域活性化に寄与する農村道路等について」
2. 島本 由麻 北里大学獣医学部 「スマート農業の展開に資する画像処理技術の活用」

#### <調査研究報告>

1. 本名 正人 NCE 株式会社 「ラウンドアバウトの普及促進に向けて-田上あじさい交差点-」
2. 鶴田 晋也 兵庫県養父市 「スマート農業推進のための農道交通の規制事例」

### 第30回農村道路研究発表会(令和2年度)

<特定課題:農道施設の点検について>

#### <招待論文>

1. 上野 豊 農林水産省 「橋梁,トンネル等の農道施設の点検に係る現状と今後の方向性について」

#### <研究論文>

1. 島本 由麻 北里大学獣医学部 「機械学習を用いた道路橋床版における劣化状況の非破壊検出」
2. 松本 第佑 東京農業大学 「49kN 換算係数のコンクリート舗装設計への適応に関する研究」

#### <技術報文>

1. 尾崎 風香 鹿島道路(株) 「ほ場内農道の路面破損に応じた適切な維持管理について」
2. 中橋 正彦 北海道農政部農村振興局 「北海道の農道における防雪柵整備について」
3. 菊地 大河 千葉県安房農業事務所 「千葉県における農道整備事業について-JR東日本線路下の横断工事の事例-」
4. 内海 正徳 ニチレキ(株) 「路上路盤再生工法(CAE 工法)の寒冷地への適用に関する検討-室内および試験施工による検証 -」

## 研究集会のテーマ

- H3 なし
- H4 北海道の農道整備
- H5 新政策と農村・農道整備
- H6 長大橋梁の施工
- H7 宮崎農水物産ブランド確立と農道整備について
- H8 地域活性化と農道整備～中山間地域の活性化を中心に～
- H9 農道の役割と環境保全
- H10 広域的な活性化に資する農道整備
- H11 農道をめぐる今日的话题
- H12 橋梁の設計・施工について
- H13 農道に景観を考える必要はあるか？
- H14 アスファルト舗装の新技术展開
- H15 沖縄県における農道整備の現状について
- H16 寒冷地における農道整備の現状について
- H17 環境・生態系に配慮した農道
- H18 広域農村道路のトンネルの工事
- H19 農道の性能設計について
- H20 農道の経済効果について
- H21 農業農村振興に果たす農道の役割～農道の保全・活用を中心に～
- H22 農村道路の機能保全
- H23 農道のストックマネジメント
- H24 農道保全対策計画策定にあたっての課題と対応策
- H25 農道の点検と農道橋の耐震化について
- H26 農道の長寿命化について
- H27 農道の長寿命化に向けた保全対策について
- H28 農道管理主体としての市町村について
- H29 農道のストック効果
- H30 防災・減災への農村道路の役割
- R 1 スマート農業の普及・地域活性化に寄与する農村道路・基盤整備のあり方
- R 2 農道施設の点検について

## 研究発表会開催場所

- H3 東京都千代田区・大手町合同庁舎第3号館
- H4 東京都千代田区・大手町合同庁舎第3号館
- H5 東京都新宿区・東京都庁第2本庁舎
- H6 東京都千代田区・大手町合同庁舎第3号館
- H7 東京都文京区・全通会館ホール
- H8 群馬県前橋市・群馬厚生年金会館
- H9 岐阜県大野郡丹生川村・丹生川文化ホール
- H10 福島県郡山市・ビッグパレットふくしま
- H11 石川県七尾市・七尾鹿島労働福祉会館
- H12 熊本県熊本市・熊本テルサ
- H13 福島県福島市・ホテル福島グリーンパレス
- H14 山梨県甲府市・ベルクラシック甲府
- H15 神奈川県小田原市・西湘地区行政センター
- H16 静岡県浜松市・アクトシティ浜松
- H17 愛知県名古屋市・愛知県貿易産業会館
- H18 福井県敦賀市・プラザ万象
- H19 大阪府大阪市・大阪赤十字会館
- H20 広島県広島市・広島県土地改良会館
- H21 宮城県仙台市・宮城県土地改良会館
- H22 奈良県奈良市・男女共同参画センター「あすなら」
- H23 鹿児島県鹿児島市・かごしま県民交流センター
- H24 北海道札幌市・北海道立道民活動センター
- H25 岡山県岡山市・メルパルク岡山
- H26 三重県津市・三重県教育文化会館
- H27 富山県富山市・富山県農協会館
- H28 青森県青森市・青森県観光物産館アスパム
- H29 和歌山県和歌山市・和歌山県 JA ビル
- H30 鹿児島県鹿児島市・かごしま県民交流センター
- R 1 新潟県新潟市・新潟大学駅南トキメイト
- R 2 オンライン開催 (Zoom)

## 現地研修会

- H8 群馬県・藤岡市，新治村
- H9 岐阜県・農道整備事業「飛騨高山地区」，農道離着陸場「飛騨地区」
- H10 福島県・農免農道「糠沢地区」，農道離着陸場「福島飯坂地区」，JA ふくしま平野共同選果場
- H11 石川県・広域農道「中能登農道橋」，鹿島台農産物集出荷場，ふるさと農道「七海トンネル」
- H12 熊本県・上益城郡 上益城平坦地区他 矢形川橋梁および座女木川橋梁
- H13 福島県・福島市農業近代化施設，農道整備事業「福島県西部地区」，農道離着陸場「福島飯坂地区」，農村公園「四季の里」
- H14 山梨県・広域農道「茅ヶ岳1期、2期地区」，かん排事業「茅ヶ岳地区」，畑総プロジェクト「明野地区」，県立フラワーセンター
- H15 神奈川県・広域農道「小田原湯河原地区」，県立地球博物館・温泉地学研究所 他
- H16 静岡県・西部農林事務所管内「広域農道三ヶ日地区における在郷種に配慮した法面緑化の模索」，法面緑化（A地点） ，みかん直販場，広域農道三ヶ日地区
- H17 愛知県・半田土地改良事務所管内 広域営農団地農道整備事業「知多半島二期地区（八幡地区，岡田大興寺工区）」，農村活性化住環境整備事業「佐布里地区」
- H18 福井県嶺南振興局管内広域営農団地 農道整備事業若狭西地区
- H19 大阪府・堺市南区畑（田園交流基盤整備による集落道工事現場） ，貝塚市馬場（農用地総合整備事業による基幹農道と田園空間整備事業による農業庭園）
- H20 広島県・呉市蒲刈地区，大崎下島地区広域営農団地農道整備事業
- H21 宮城県・仙南東部地区広域営農団地農道整備事業
- H22 奈良県・基幹農道整備事業「大淀御所地区」 ，ふるさと農道「今木薬水地区・高市地区」
- H23 鹿児島県・桜島国際火山砂防センター・有明地区農道保全対策（農道環境整備） ・牧園地区農地整備（通作条件整備）
- H24 北海道・泥炭地資料館・広域農道 空知東部南地区（石狩川頭首工） ・農道保全 厚真南部地区
- H25 農道保全対策事業（津山2・3期地区） ・広域農道 備前東部地区・備前焼伝統産業会館
- H26 広域農道整備事業（中南勢2期地区） ，基幹農道整備事業（鮎川3期地区） ，ふるさと農道緊急整備事業（度会北部・度会北部2期地区）
- H27 富山県全域の農道工保全対策等事業現場（氷見地区・取付道路沈下対策，富山中部地区・路面再生工法，雷鳥大橋・耐震対策，新川中部地区・基幹農道整備）
- H28 青森県全域の農道工保全対策等事業現場（西海岸2期地区広域農道・橋梁新設，鳴瀬地区橋梁保全対策，野沢2期地区ホタテ貝殻入As舗装）
- H29 和歌山県北部の農道事業現場（広域農道紀の川左岸地区・同地区橋梁新設工事現場・高野山・広域農道紀の川地区・めっけもん広場）
- H30 鹿児島県農道保全 薩摩川内地区他
- R 1 新潟県新潟市 スマート農業実証プロジェクト

## 農村道路研究部会設立の趣旨

農業農村整備事業における農道の整備は、いわゆる農道整備事業に加えて農用地開発・圃場整備・畑地帯総合整備事業などにおいても実施され膨大な事業量にのぼっている。これら農道は農業生産の基盤としてのみならず生活環境の基盤としても大きく寄与し、さらに地域の開発にも重大な影響を及ぼしている。この様に農道整備はきわめて重要な工種となっているが、これまでは計画・技術に係わる系統的な研究・技術開発が実施されることは少なかった。しかしながら、農道特有の計画・技術上の問題はきわめて多く、検討すべき課題や技術開発の内容は山積しており、早急な検討が求められている。

さらに、公共交通の発達した都市に比べ農村生活においては自家用自動車の利用が必須となっている。生活の拠点である集落においては農村総合整備事業などで生活環境整備の一環として集落道の整備が進められてきた。しかしながら、これら農道と集落道を系統的に結び付けて農村道路として組織的に検討されることも少なかった。

このため農業生産の機械化、農産物流通の広域化による農道の発達と連携した農村道路全般の計画・整備の検討が重要となっている。

この様に農村道路全般にわたる計画・設計・施工・管理に関する研究・技術開発の必要性が増大しているのに対して研究・技術開発に取り組む者の数は限られており、しかも分散していて問題の解決や技術開発に対する組織的な取り組みは遅れがちである。さらに農道離着陸場の整備や設計基準の改訂など新しい動きもあり、安全性・快適性に関する技術開発や地域振興に対する効果を含めた新たな観点を取り入れる方向も出ている。従って、現時点での農村道路に係わる計画・技術・制度の到達点を確認して新しい検討方向を示し、各種課題に取り組む研究体制を作ることが早急に必要となっている。

そこで、大学・研究機関の研究者および行政現場・民間等の技術者を中心とする研究・技術の交流の場を創設するために、農業農村工学会における農村道路研究部会の設立を図るものである。

平成 3 年 2 月  
(平成 19 年 6 月一部修正)

## 農村道路研究部会運営要領

平成 23 年 4 月 19 日制定

公益社団法人農業農村工学会農村道路研究部会の運営については、定款、規則、研究部会規程に定めるほか、この要領に定めるところによる。

(名称)

第 1 条 この研究部会は、公益社団法人農業農村工学会農村道路研究部会と称する。

(目的)

第 2 条 この研究部会は、農村道路に関する計画・設計・施工および管理の研究を行うことにより、農業農村工学分野の学術・技術の振興と社会の発展に寄与することを目的とする。

(事業)

第 3 条 この研究部会は、その目的達成のため、次の事業を行う。

- (1) 共同研究の推進
- (2) 研究集会の開催
- (3) 現地研修会の開催
- (4) 研究資料（部会報等）の発行
- (5) 関連部会、関係機関との研究・技術の交流
- (6) その他上記の目的に沿った事業の実施

(研究部会のメンバー)

第 4 条 この研究部会のメンバーは、公益社団法人の会員 5 名以上を主な構成員とする農村道路領域の研究者・技術者であって、この研究部会の研究活動の趣旨に賛同して参画した者とする。

(代表幹事)

第 5 条 この研究部会に代表幹事 25 名以内を置く。

- 2 この研究部会に代表幹事で構成する代表幹事会を置く。
- 3 代表幹事会は、代表幹事の中から部会長候補者 1 名を選出し、研究委員会に報告する。
- 4 代表幹事会は、副部会長 1 名、会計審査代表幹事 1 名及び会計担当代表幹事 1 名を互選で選出する。
- 5 部会長、副部会長、会計審査担当代表幹事及び会計担当代表幹事の任期は、調査研究担当理事会の承認を経て会長が部会長を委嘱する日から 2 年とし、再任を妨げない。
- 6 部会長は、この部会を代表する。
- 7 副部会長は、部会長を補佐し、部会長に事故あるときは部会長の業務を代行する。
- 8 代表幹事は、部会長及び副部会長を補佐し、この部会の運営に当たる。
- 9 会計審査代表幹事は、この研究部会の収入・支出について、本部の監事の監査に先がけて審査する。
- 10 会計担当代表幹事は、部会長を補佐してこの研究部会の収支に係る経理事務を行う。
- 11 部会長、副部会長、会計審査担当代表幹事及び会計担当代表幹事及び他の代表幹事は、無報酬とする。

(代表幹事会の任務)

第 6 条 この研究部会の代表幹事は、次に掲げる事項を処理する。

- (1) この研究部会が行う研究計画案及び収支予算案の作成
- (2) 代表幹事会で決定された研究の実施及び経理
- (3) この研究部会が実施した研究及び収支決算の本部への報告
- (4) この研究部会の活動参画メンバーとの連絡調整

- (5) 学会本部との連絡調整
- (6) その他必要と認める事項

(代表幹事会の開催)

- 第7条 代表幹事会は、年2回以上開催する。
- 2 代表幹事会は、研究部会長が招集する。

(議長・議決)

- 第8条 代表幹事会の議長は、研究部会長とする。
- 2 代表幹事会の議事は、過半数の代表幹事が出席し、出席した者の過半数を持って決する。可否同数のときは、研究部会長が決する。
  - 3 議事の議決について委任状を提出した代表幹事は、出席したものとみなす。

(事業計画案及び収支予算案の作成)

- 第9条 研究部会長は、研究部会規程第6条に規定する収支予算案の作成に当たっては、当該年度の支出予算額は、当該年度の収入見込額に100,000円を加えた額の合計額以内の額とする。ただし、特に必要があるときは、当該合計額に当該研究部会の経年の収支差額の合計残額（本部繰入れ資産額を含む。）を加えた総額を超えない額とすることができる。

(申請等)

- 第10条 研究部会長は、研究部会規程第3条、第5条、第6条及び第8条に規定する申請及び提出については、予め代表幹事会の決定を得なければならない。

(経理)

- 第11条 この研究部会の活動に係る収入は、学会の収入として、支払は学会の支弁として経理する。
- 2 前項の経理は、事項別科目別に行う。

(部会事務局)

- 第12条 この研究部会の活動に係る部会事務局は、部会長の所属する機関内に置く。  
平成28年4月28日より、平成30年4月30日までの間、明治大学農学部（代表：服部俊宏、住所：川崎市多摩区東三田1-1-1）に置く。

附則

- 1 農業農村工学会農村道路研究部会規約（平成3年4月5日制定）は、平成23年4月19日に廃止する。
- 2 この要領は、平成23年4月19日から施行する。
- 3 この要領の適用日の前日において、現に部会長、副部会長、幹事及び会計監事である者は、それぞれこの要領施行の日からこの要領により選出された部会長、副部会長、会計審査担当代表幹事とみなす。

改正

平成24年4月27日

平成26年4月25日

平成28年4月28日

## 農業農村工学会農村道路研究部会規約

(平成3年4月5日制定, 4年5月・11年5月・13年5月・16年3月・19年6月改正)  
平成23年4月19日廃止

### [名称・所属]

1. この部会は農村道路研究部会と称し、農業農村工学会に所属する。

### [目的]

2. この部会は農村道路の計画・設計・施工および管理に関する研究と技術の発展ならびに部会員間の研究・技術の交流に寄与することを目的とする。

### [事業]

3. この部会はその目的を達成するために次の事業を行う。
  - 1) 研究集会、研究発表会および現地見学会等の開催。
  - 2) 関連部会、関係機関との研究・技術の交流。
  - 3) 研究資料の収集・配布。
  - 4) その他上記の目的に沿った事業の実施。

### [会員]

4. この部会は原則として農業農村工学会会員を構成員とするが、非学会員の参加も妨げない。

### [役員]

5. この部会には次の役員をおく。
  - 1) 部会長 1名
  - 2) 常任幹事 若干名
  - 3) 幹事 若干名
  - 4) 監事 1名
6. 役員任期は2年とし、再任を妨げない。役員選任は常任幹事会で行うことを原則とする。

### [役員会等]

7. 事業の円滑な運営を図るため、部会には常任幹事会及び必要に応じて幹事会、各種委員会を設ける。

### [経費]

8. この部会の運営に要する費用は農業農村工学会の交付金および会員の負担金等によってまかなう。

### [入退会]

9. この部会への入退会は自由である。

### [事務局]

10. この部会の事務局は、部会長の要請に基づき、常任幹事会にて審議・決定する。

### [規約の改正]

11. この規約の改正は常任幹事会において行う。

農村道路研究部会報 第30号

---

令和3年1月 発行

発行人 川端 伸一郎  
発行所 農業農村工学会農村道路研究部会  
〒006-8585 北海道札幌市手稲区前田7条15丁目4-1  
北海道科学大学 工学部 都市環境学科 内  
TEL 011-688-2268 FAX 011-688-2268  
E-mail kawabata@hus.ac.jp

印刷所 北海道印刷企画株式会社  
〒064-0811 北海道札幌市中央区南11条西9丁目3-35  
TEL 011-562-0075 FAX 011-562-0355

---